



Samfunds- og selskabsøkonomisk analyse af bioethanol-produktion i Danmark i samproduktion med kraftvarme. Fase I

Nielsen, Lars Henrik; van Maarschalkerweerd, Christian

Publication date:
2007

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):
Nielsen, L. H., & van Maarschalkerweerd, C. (2007). *Samfunds- og selskabsøkonomisk analyse af bioethanol-produktion i Danmark i samproduktion med kraftvarme. Fase I*. Danmarks Tekniske Universitet, Risø Nationallaboratoriet for Bæredygtig Energi. Denmark. Forskningscenter Risoe. Risoe-R No. 1773(EN)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Samfunds- og selskabsøkonomisk analyse af bioethanol-produktion i Danmark i samproduktion med kraftvarme. Fase I

Risø-R-Report

Lars Henrik Nielsen, Christian van Maarschalkerweerd
Risø-R-1773(DA)
Oktober 2007

Risø DTU
Nationallaboratoriet for Bæredygtig Energi



Forfatter: Lars Henrik Nielsen, Christian van Maarschalkerweerd
Titel: Samfunds- og selskabsøkonomisk analyse af bioethanol-
produktion i Danmark i samproduktion med kraftvarme. Fase I
Afdeling: Afdelingen for Systemanalyse

Risø-R-1773(DA)
Oktober 2007

Publiceret på nettet i marts 2011

Abstract (in English) (max. 2000 char.):

ISSN 0106-2840
ISBN 978-87-550-3896-7

Aims of the project are to carry out combined socio-economic and corporate-economic analyses of concepts for bioethanol production in Denmark. The project is split into two phases and will in total analyze 3 different plant concepts for bioethanol production based on biomass inputs comprising straw, grain, manure and domestic waste. Main focus is put on two promising new plant concepts where Denmark in particular has basic knowledge and competence. Furthermore, existing bioethanol production plant concepts based on grains only are included in the analyses as reference systems. The two new plant concepts are characterized by synergistic production of:

Kontrakt nr.:
EFP-05 J.nr. 33031-0063

Gruppens reg. nr.:
1200191

Sponsorship:

EFP 2005

Forside :

Bioethanol co-produced with CHP (Com bined Heat and Power) (IBUS concept). The biomass inputs to the process are straw, whole crop, biomass residues, domestic waste etc... By-products from the production are used as animal feed, fertilizer, and solid fuel.

Bioethanol co-produced with CHP and biogas (Risø-DTU concept). The biomass inputs to the process are straw, whole crop, biomass residues, domestic waste etc... By-products from the production are re-circled to agriculture as well-declared fertilizer products.

These two concepts will be analyzed and compared based on the same input biomass materials.

The present project information concerns phase I of the total project, and comprises the socio-economic and corporate-economic analysis of bioethanol production co-produced with CHP (IBUS concept).

Due to difficulties in achieving data, consistency in data, and consensus on data as expected and agreed in the project outline among project partners the project unfortunately could not be carried out to its original intention. As consequence only the limited project reporting from phase I of the project is available. The project report from October 2007 was published in March 2011.

Sider: 51
Tabeller: 30
Referencer: 31

Afdelingen for Informationsservice
Risø Nationallaboratoriet for
Bæredygtig Energi
Danmarks Tekniske Universitet
Postboks 49
4000 Roskilde
Danmark
Telefon 46774005
bibl@risoe.dtu.dk
Fax 46774013
www.risoe.dtu.dk

Indhold

Tabeller	5
Figurer	5
Forord	6
Samfunds- og selskabsøkonomisk analyse af bioethanol-produktion.	8
1 IBUS-halm. Samfundsøkonomi	8
2 Samfundsøkonomisk metode	8
2.1 Kvantificering og værdisætning af konsekvenser	8
2.1.1 Markedspriser og eksternaliteter	8
2.2 Generelle samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger	8
2.3 Niveau-delt samfundsøkonomisk analyse	9
3 Omfang af den samfundsøkonomisk analyse	10
4 Samfundsøkonomiske resultater: IBUS-halm	12
4.1 Anlægskoncept: IBUS-halm (Figur bør opdateres?)	12
4.2 Investeringer, drift og vedligehold: IBUS-halm	12
4.3 Prissatte mængder for drifts-input og -output i IBUS-halm	14
4.4 Konsekvenser på forbrug af fossil energi: IBUS-halm	15
4.5 Konsekvenser på CO ₂ -emission: IBUS-halm	16
4.6 Prissatte udgifter og indtægter:	19
4.7 Bio-ethanol produktionspriser: IBUS-halm koncept	20
4.7.1 Forudsat: Nettoafgiftsfaktor: 1. Forvridningsfaktor: 1	20
4.7.2 Forudsat: Nettoafgiftsfaktor: 1.17 Forvridningsfaktor: 1	21
4.7.3 Forudsat: Nettoafgiftsfaktor: 1.17 Forvridningsfaktor: 1.20	22
4.8 CO ₂ -reduktionsomkostninger: IBUS-halm koncept	23
5 Energiforbrug: Priser og CO₂	24
5.1 El anvendt i bio-ethanol produktionen	25
5.1.1 CO ₂ -emission i mængde	25
5.2 Kul medgået til bioethanol produktion: Procesdamp.	27
5.2.1 CO ₂ -emission i mængde	27
6 Uddybende bemærkninger	27
6.1 Kulstofomsætning i jord. Humus, halmudtag og CO ₂ -balance.	27
6.1.1 Nedmulding af halm	27
6.2 Foderstof som biprodukt fra bio-ethanol produktion	28
6.3 Salg af CO ₂ som biprodukt fra bio-ethanol produktion	28
6.4 Udledning/rensning af spildevand	29
6.5 Emissioner til luft i øvrigt	29
6.6 Konsekvens af halmudtag for handelsgødningsforbrug	29
6.7 Halmudtag: Effekt på udvaskning af kvælstof (N)	30
6.8 Anvendelse for organisk affald (waste to value)	30

6.9 Lugtgener: Konsekvenser i alternativet ift. referencen	30
7 Bio-ethanol / selskabsøkonomi	31
7.1 Beregninger	31
7.2 Proces- og anlægsdata	31
7.3 Beregningsparametre	31
7.4 Beskatning	32
7.5 Prisantagelser	32
7.5.1 Input-priser	32
7.5.1.1 Halm	32
7.5.1.2 Kornpriser	33
7.5.1.3 Damp	34
7.5.1.4 Kul	34
7.5.1.5 Elektricitet	34
7.5.1.6 Enzymer	34
7.5.2 Output-priser	35
7.5.2.1 Ligninrest – Fast biobrændsel	35
7.5.2.2 DDGS	37
7.5.2.3 CO ₂ -produkt	37
7.5.2.4 Halmmelasse	37
7.5.2.5 Ethanol	38
7.6 Udledning CO ₂ , SO ₂ og NO _x . Regulering	38
7.6.1 CO ₂	38
7.6.2 Svovl	39
7.6.3 NO _x	39
8 Selskabsøkonomiske resultater: IBUS-halm	40
8.1 Forudsat 'worst case', hvor ligninbrændsel prissættes som kul.	40
8.1.1 Worst/Worst ethanol-pris	40
8.1.2 Worst/Best ethanol-pris	41
8.2 Forudsat 'best case', hvor ligninbrændsel prissættes som træpiller.	42
8.2.1 Best/Worst ethanol-pris	42
8.2.2 Best/Best ethanol-pris	44
9 Konklusioner	46
10 Øvrige data	47
10.1 Priser på biobrændstoffer / IEA data	47
10.2 Brændværdier, dollarkurs og inflationsantagelser	47

Tabeller

Table 1 Generelle samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger:	8
Table 2 Velfærds-økonomiske beregningsforudsætninger:	9
Table 3 Relevante aspekter for den samfundsøkonomiske analyse (Brutto-liste)	11
Table 4 Investeringer samt omkostninger til drift og vedligehold for det betragtede ethanol-anlæg: IBUS-halm.	13
Table 5 Driftsinput og -output for det betragtede ethanol-anlæg: IBUS-halm.	13
Table 6 Prissatte mængder for drifts-input og -output i det betragtede ethanol-anlæg, IBUS-halm	14
Table 7 Beregnede ændringer på fossilt energiforbrug for projektet: IBUS-halm	15
Table 8 Fossil energi substitution via halm udnyttet i IBUS-halm ift. forbrænding af halm.	16
Table 9 Beregnede ændringer i CO ₂ -emission for projektet: IBUS-halm	16
Table 10 CO ₂ -reduktion via IBUS-halm ift. forbrænding af halm substituerende kul.	17
Table 11 CO ₂ -reduktion via IBUS-halm ift. forbrænding af halm substituerende naturgas (NG).	18
Table 12 Årlige udgifter og indtægter: IBUS-halm	19
Table 13 Bio-ethanol produktionspriser: IBUS-halm concept. /Samfundsøkonomi.	20
Table 14 Bio-ethanol produktionspriser: IBUS-halm concept. /Velfærdsøkonomi.	21
Table 15 Bio-ethanol produktionspriser: IBUS-halm concept. /Velfærdsøkonomi.	22
Table 16 Samfundsøkonomiske priser på diesel og benzin.	22
Table 17 Drivhusgas-reduktionsomkostninger: IBUS-halm concept. /Samfundsøkonomi. Forudsat: Nettoafgiftsfaktor: 1. Forvridningsfaktor: 1	23
Table 18 Drivhusgas-reduktionsomkostninger: IBUS-halm concept. /Samfundsøkonomi. Forudsat: Nettoafgiftsfaktor: 1.17. Forvridningsfaktor: 1	23
Table 19 Drivhusgas-reduktionsomkostninger: IBUS-halm concept. /Velfærdsøkonomi.	23
Table 20 Investeringer, omkostninger til drift og vedligehold samt input og output for IBUS-halm. Selskabsøkonomi.	31
Table 21 Historiske priser på sojaskrå i Danmark [2]	37
Table 22 Brændværdier, dollarkurs og inflationsantagelser	47

Figurer

Figure 1 Koncept for bioethanol-produktionsanlæg, der forudsættes integreret med eksisterende kraftvarmeanlæg: IBUS-halm	12
Figure 2 Samfundsøkonomiske elpriser. Prisniveau 2005.	24
Figure 3 Samfundsøkonomiske brændselspriser. Prisniveau 2005.	24
Figure 4. Elvirkningsgrad for kategorien danske kondensværker som beskrevet i Basisfremskrivningen, ENS juni 2005.	26
Figure 5: Middel CO ₂ -emissionskoefficient for dansk kondensproduktion 2003-2030.	26
Figure 6 Prisforudsætning for restproduktet lignin som biobrændsel.	37
Figure 7 Selskabsøkonomisk ethanol produktionspris. IBUS-halm	43
Figure 8 Selskabsøkonomisk nuværdi af projektet: IBUS-halm.	43

Forord

Denne rapport afslutter fase I af projektet 'Samfunds- og selskabsøkonomisk analyse af bioethanol-produktion i Danmark i samproduktion med kraftvarme'. Projektet er udført som et samarbejde mellem Forskningscenter Risø-DTU, KVL KU, Elsam / DONG Energy og Bio centrum-DTU. Projektet blev støttet af Det danske Energiforskningsprogram (EFP).

Formålet med projektet er at gennemføre kombinerede samfundsøkonomiske og driftsøkonomiske analyser af koncepter for produktion af bio-ethanol i Danmark. Projektet er opdelt i 2 faser. Der fokuseres på to lovende nye anlægskoncepter og metoder for ethanol-fremstilling, hvor Danmark har særlige forudsætninger og kompetencer. De to nye anlægskoncepter er karakteriseret ved i synergier at producere:

Bio-ethanol i samproduktion med kraftvarme (IBUS koncept). FASE I

Bio-ethanol i samproduktion med kraftvarme og biogas (Risø-DTU koncept). FASE II

Den producerede ethanol afsættes til transportsektoren, hvor den substituerer benzin. De energi- og miljømæssige samt landbrugsmæssige konsekvenser indgår i den samfundsøkonomiske analyse. Miljømæssige konsekvenser i hele kæden fra råvarens produktion til den endelige anvendelse af produceret ethanol, samt bi-produkter, er søgt omfattet i den udvidede samfundsøkonomiske analyse, hvor eksternaliteter inddrages i analysen. Omkostninger per ton eq.CO₂ reduceret beregnes på udvidet samfunds- og velfærdøkonomisk grundlag.

Nærværende rapport angår som nævnt projektets Fase I, som omfatter den samfunds- og selskabsøkonomiske analyse af bioethanol-produktion i samproduktion med kraftvarme (IBUS koncept).

Data tilvejebragt ved EL-SAM/DONGs deltagelse i projektet er ikke en deligt konfirmeret af ELSAM/DONG (nu DONG Energy A/S). Biocentrum, DTU har ikke bidraget til rapporten.

Det samlede projekt (Fase I + Fase II) har desværre ikke kunnet gennemføres fuldt ud til sin oprindelige intensjon. Dette fordi det ikke har været muligt at fremskaffe de fornødne data fra partnere i projektet som forventet og aftalt i projektbeskrivelsen.

Derfor foreligger kun denne begrænsede rapportering fra projektets Fase I. Denne rapportering fra oktober 2007 er publiceret marts 2011.

ISSN 0106-2840

ISBN 978-87-550-3896-7

Risø-DTU, Oktober 2007

Samfunds- og selskabsøkonomisk analyse af bioethanol-produktion i Danmark i samproduktion med kraftvarme.

Fase I

Forfattere:

Lars Henrik Nielsen og Christian van Maarschalkerweerd, Forskningscenter Risø, DTU.

Projektet er udført med en projektgruppe bestående af:

Seniorforsker Lars Henrik Nielsen, Forskningscenter Risø, DTU, Tlf. 4677 5110, E-post: l.h.nielsen@risoe.dk. Faglig projektleder.

Forskningsassistent Christian van Maarschalkerweerd, Forskningscenter Risø, Afdelingen for Systemanalyse. (Frem til juni 2007.)

Seniorforsker, civ.ing. phd. Anne Belinda Thomsen, Forskningscenter Risø, Biosystemer. Tlf: 4677 4164, E-post: anne.belinda.thomsen@risoe.dk

Programleder, dr. agro. Erik Steen Jensen, Forskningscenter Risø, Biosystemer. Tlf.4677 4108, E-post: erik.s.jensen@risoe.dk

Seniorrådgiver Morten Gylling, Fødevareøkonomisk Institut, KVL, Tlf. 35 28 68 83, E-post, gylling@foi.dk

Forsker Kurt Hjort-Gregersen, Fødevareøkonomisk Institut, KVL, Tlf. 65 50 41 67, E-post, khg@bio.sdu.dk

Environmental Economist Kim Winther, DONG Energy, Tlf. 76 22 20 93, E-post: kimwi@dongenergy.dk

Civ. ing. Frank Krogh Iversen, DONG Energy, Tlf. 7923 3311, E-post: fri@elsam-eng.com

Civ. ing. Jakob Kristensen, Biogasol. Tlf. 4525 9289, jak@biogasol.com

Forskningsadjunkt Troels Hillstrøm, Biocentrum-DTU. Tlf. 4525 6178, E-post: tri@biocentrum.dtu.dk . (Frem til juni 2007.)

Her ud over har Anders Bavnhøj Hansen abh@ens.dk, Jan Bünger jbu@ens.dk, Søren Tafdrup st@ens.dk og Peter Trier ptr@ens.dk, fra Energistyrelsen, samt Thomas Alstrup ta@ebst.dk fra Erhvervs- og Byggestyrelsen, deltaget i projektmøderne.

Risø, d. 26.10.2007

Samfunds- og selskabsøkonomisk analyse af bioethanol-produktion

1 IBUS-halm. Samfundsøkonomi

2 Samfundsøkonomisk metode

2.1 Kvantificering og værdisætning af konsekvenser

2.1.1 Markedspriser og eksternaliteter

Konventionelle selskabsøkonomiske og selskabsøkonomiske projektanalyser inddrager ikke de såkaldte eksternaliteter. Eksternaliteter eller eksterne effekter udgør ikke indkomst- eller udgiftselementer for en privat investor eller en virksomhed. Eksterne effekter omfatter imidlertid vigtige økonomiske konsekvenser set fra et samfundsøkonomisk synspunkt, fordi en aktivitet eller et projekt kan medføre udgifter og besparelser, der påhviler samfundet eller påvirker medlemmer i samfundet.

Den samfundsøkonomiske analyse ser på en given aktivitet eller et projekt ud fra, hvorledes denne aktivitet påvirker samfundet som helhed. En aktivitet kan medføre fordele og byrder for samfundet eksempelvis vedrørende beskæftigelse, energiforsyningsikkerhed, forurening af miljø m.v. set i forhold til en reference aktivitet eller en "business as usual" situation, som skal tages med i betragtning i en samfundsøkonomisk vurdering af aktiviteten (cost-benefit-analyse/CBA). Mange aktører og sektorer i samfundet kan være påvirket af aktiviteten, og det er vigtigt i den samfundsøkonomiske analyse at inkludere sådanne konsekvenser.

I den samfundsøkonomiske analyse bør indgå den 'sande pris' for samfundet på en vare eller ydelse. Denne pris er ikke nødvendigvis lig med markedsprisen ex. afgifter og skat, og forskellen mellem disse priser rummer de eksterne omkostninger.

2.2 Generelle samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger

Den samfundsøkonomiske analyse er gennemført under følgende generelle beregningsforudsætninger:

Table 1 Generelle samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger:

Generelle forudsætninger:			
Analyseperiode: 2010-2030, T=20 år			
	Basisår:	år	2010
	Slutår:	år	2030
	Periode T:	år	20
Brændselsprisforudsætninger: ENS 2006-fremskrivninger			
Prisniveau:	Faste priser		
	Prisniveau:	DKK	2005
Andre generelle forudsætninger:			
	Kalkulationsrente:	Rate p.a.	0.06
Restværdiberegning: Via annuisering			
Reinvestering: Identisk reinvestering for levetider kortere end analyseperioden.			

Investeringer, der rækker ud over analyse-perioden, justeres for investeringens restværdi ved analyse-periodens udløb. Denne justering baseres på modregning af nuværdien af investeringens annuiteter uden for beregningsperioden.

Table 2 Velfærds-økonomiske beregningsforudsætninger:

Faktorer	
Nettoafgiftsfaktor	1.17
Forvridningsfaktor	1.20

I velfærdsøkonomiske analyser regnes i køberpriser, som er faktorpriser, der er korigeret vha. den generelle nettoafgiftsfaktor, som i Energistyrelsens vejledning er angivet til 1,17. Hvis de indsamlede priser allerede er opgjort i køberpriser skal nettoafgiftsfaktoren ikke benyttes.

Hvis projektet involverer skattefinansiering skal det finansierede beløb korrigeres med skatteforvridningsfaktoren, som angives til 1,20. Skatteforvridningsfaktoren er udtryk for det samfundsøkonomiske tab der opstår når skatterne opkræves, f.eks. når der opkræves skat på lønindtægter, og incitamentet til at arbejde dermed reduceres.

Konkret betyder det, at hvis der er en difference mellem den benzinækvivalente ethanolpris og benzinprisen på f.eks. en krone, og det besluttet at yde et skattefinansieret prissubsidie, så vil det te give et forvridningstab i samfundet på 20 øre udover selve subsidiet. Hvis projektet derimod finansieres på anden måde, f.eks. via øgede benzinpriser for forbrugerne, skal der ikke indregnes et skatteforvridningstab. Den anden finansieringsform kan også have forvridende effekter, hvis størrelse dog ikke kan fastslås på forhånd.

2.3 Niveau-delt samfundsøkonomisk analyse

Det er valgt at niveau-dele den samfundsøkonomiske analyse. Opdelingen afspejler de overordnede forhold, der er inddraget i analysen. Det er valgt at definere følgende analyse-niveauer:

- Resultat 1:

En samfundsøkonomisk analyse, der foruden de anlægsspecifikke investeringer, driftsomkostninger og -indtægter (via ethanol, bio-brændsel, foderstof mm.) samt omkostninger til vedligehold på anlægget yderligere inddrager konsekvenser i landbruget, industrien mm.

Eksternaliteter indgår ikke på dette niveau af analysen.

- Resultat 2:
En bredere samfundsøkonomisk analyse, der yderligere inddrager miljømæssige konsekvenser vedrørende emission af drivhusgasser (CO₂, CH₄, N₂O), emissioner i øvrigt og konsekvenser for vandmiljø.
- Resultat 3:
En udvidet samfundsøkonomisk analyse, der foruden de ovenstående forhold yderligere inddrager mere generelle forhold, der berører politiske målsætninger eksempelvis på energi og miljøområdet.
Identificerede eksternaliteter inddrages i analysen i det omfang sådanne har kunnet kvantificeres og prissættes.

Analysen på et højere niveau inkluderer alle forhold fra de lavere. Opdelingen kan opfattes som en følsomhedsanalyse, hvor effekten af stadig flere forhold inddrages i analysen. Resultater af den samfundsøkonomiske analyse præsenteres for hvert af disse niveauer. Dette kan give overblik over konklusioners robusthed i det valgte hierarki af medtagne aspekter, gående fra en her defineret snæver samfundsøkonomisk vurdering til en mere omfattende udvidet samfundsøkonomisk vurdering.

3 Omfang af den samfundsøkonomisk analyse

I nedenstående Table 3 er den samfundsøkonomiske analyses opdeling på niveauer defineret. Tabellen viser en bruttoliste over forhold, der kan være relevante for den samfundsøkonomiske analyse. Samfunds- og miljø-økonomiske forhold af betydning for produktion af bio-ethanol er angivet i tabellens venstre søjle. Markeringer i søjlen under en given niveaubetegnelse angiver, hvilke forhold der er søgt kvantificeret, prissat og inddraget i den samfundsøkonomiske analyse på det pågældende niveau. Markeringer med "R1" er inddraget på analyseniveau "Resultat 1", og markeringer med "R1, R2 eller R3" udgør forudsætninger for den samfundsøkonomiske analyse på "Resultat 3"-niveau.

Bruttolisten i Table 3 over forhold, der principielt bør vurderes og inddrages i den samfundsøkonomiske analyse, er her valgt opdelt på forhold, der vedrører:

- Kapitaludgifter og vedligehold
- Driftsomkostninger og -indtægter. Energi, råvarer mm. (input&output)
- Miljø-aspekter
- Konsekvenser i landbrug, industri mv. i øvrigt
- Generelt vedrørende øvrige politiske mål

Som nævnt søges alle de markerede emner i tabellen kvantificeret og prissat i analysen. De tilgængelige data i lille ratur mm. sætter grænser for denne målsætning, og det er nødvendigt at begrænse omfanget af det meget omfattende data- og analysearbejde ud fra en vurdering af, hvad der er de vægtige og betydende forhold for de spørgsmål analysen sigter mod at belyse.

Table 3 Relevante aspekter for den samfundsøkonomiske analyse (Brutto-liste)

Samfundsøkonomisk analyse af ethanol-anlæg: IBUS- halm (halm nedmuldes i referencen)			
	Result 1	Result 2	Result 3
Analyseniveau	1	2	3
Kapitaludgifter og vedligehold:			
Kapitaludgifter, ethanol-anlæg	R1	R1	R1
D&V, ethanol-anlæg (personale mm.)	R1	R1	R1
Transport, drift & kapital. Biomasse	R1	R1	R1
Driftsomkostninger og - indtægter (input&output). Energi, råvarer mm.:			
Udgifter:			
Halm indkøbt	R1	R1	R1
Anden biomasse indkøbt	R1	R1	R1
Enzymer indkøbt	R1	R1	R1
Kapacitetsforhold, investeringer og D&V på rafinaderier ift referencen	R1	R1	R1
Damp/varme købt til ethanol-proces	R1	R1	R1
Elforbrug til ethanol-proces købt	R1	R1	R1
El-Kapacitet bundet på KV-referenceværk (qua el og damp til ethanol-proces)	R1	R1	R1
Køb af øvrige input til proces (e.g. vand)	R1	R1	R1
Køb af diesel. Halmtransport når referencen er nedmuldning.	R1	R1	R1
Indtægter:			
Salg af ethanol-produktionen	R1	R1	R1
Salg af bio-brændselsproduktion (lignin mv.)	R1	R1	R1
Salg af foderstof (Melasse, DDGS)	R1	R1	R1
Salg af ren CO2 fra proces	R1	R1	R1
Miljø aspekter:			
Ændret emission af drivhusgasser			
Ethanol substituerer benzin		R2	R2
Bio-masse (lignin) substituerer fossilt brændsel		R2	R2
Foderstof substituerer CO2 ifm referencens foderstoffer		R2	R2
Salg af CO2 substituerer CO2 i referenceproduktion ?		R2	R2
Humus opbygning via halm-nedmuldning ændrer CO2		R2	R2
Enzym-forbrug og CO2		R2	R2
El-forbrug og CO2		R2	R2
Damp/varme til ethanol-proces og CO2		R2	R2
Diesel-forbrug og CO2		R2	R2
Andre luftforureningsforhold (Benzin/Et-OH damptryk?)		R2	R2
Andre luftforureningsforhold (Emission af SO2, NOx, ..?)		R2	R2
Vandmiljøerne:			
Humus reduktion kan reducere N-udvaskning (p.g.a. reduceret total-N jvf. regelsæt)		R2	R2
Spildevand		R2	R2
Konsekvenser i landbrug, industri mm i øvrigt:			
Reduceret jordbehandling til nedmuldning	R1	R1	R1
Øget udgift til NPK-handelsgødning? (thi uden nedmuldning ingen NPK-værdi heraf)	R1	R1	R1
Reduceret høstudbytte p.g.a. reduceret Total-N uden nedmuldning (jvf regelsæt)	R1	R1	R1
Genanvendelse af anden biomasse / økonomi ?	R1	R1	R1
Generelt vedr. øvrige politiske mål:			
Øget forsyningssikkerhed og sikkerhedspolitisk værdi (reduceret olie-afhængighed)			R3
Reduceret træk på fossile energi-ressourcer			R3
Prisdæmpende effekt af ethanol-udbud på fossil energi			R3
Valutabetydning for Danmark			R3
Beskæftigelse nationalt/lokalt, faglært/ufaglært			R3
Afledt teknologisk udvikling, erhvervsbetydning, eksportpotentialer			R3
Omkostninger/besparelser på infrastruktur (veje, tankanlæg mv.)			R3

I det følgende kommenteres de enkelte elementer i listen kort, og der henvises til rapportens mere uddybende omtale af forudsatte data og prissætninger i den samfundsøkonomiske analyse.

En række af de nævnte forhold har det ikke været muligt at kvantificere og prissætte i denne analyse.

4 Samfundsøkonomiske resultater: IBUS-halm

Forudsat: Halm nedmuldes i referencen.

Den samfundsøkonomiske analyse forudsætter, at råvaren halm i en reference-anvendelse nedmuldes. Dvs. halmen snittes og tilføres jorden. Herved øges jordens kulstofindhold (humus).

4.1 Anlægskoncept: IBUS-halm

I anlægskonceptet IBUS-halm samproduceres ethanol med kraft-varme. Konceptet udnytter lignocellulose fra halm til produktion af bio-ethanol, biobrændsel, foderstof mm. via en 2. generations fermenteringsproces, der energimæssigt er integreret med kraftvarmeproduktion.

IBUS-halm konceptet er illustreret på Figure 1.

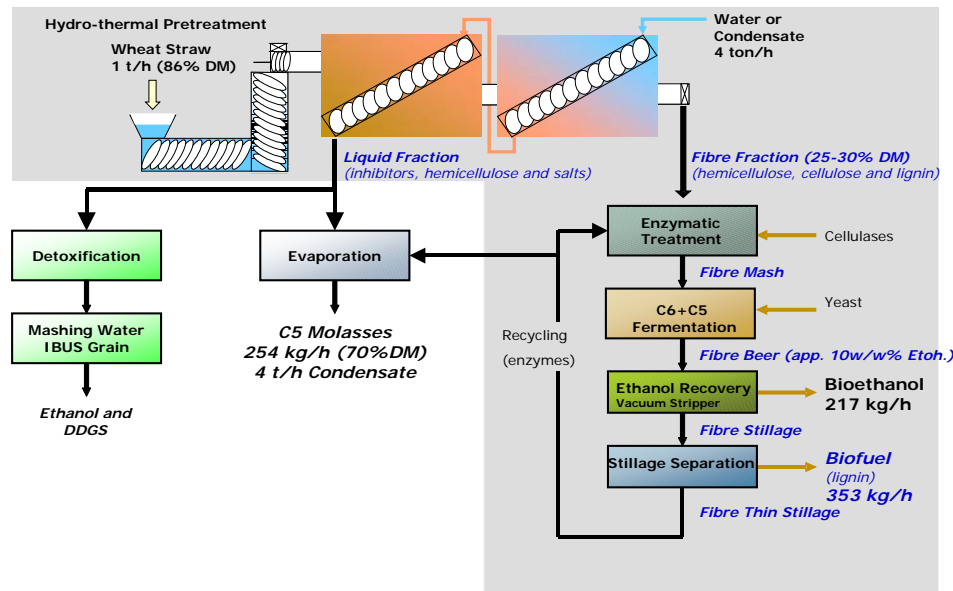


Figure 1 Koncept for bioethanol-produktionsanlæg, der forudsættes integreret med eksisterende kraftvarmeanlæg: IBUS-halm

En detaljeret beskrivelse af IBUS projektet findes i ref. 31.

4.2 Investeringer, drift og vedligehold: IBUS-halm

IBUS-halm projektets hovedtal, der danner udgangspunkt for etablering af projektets detaljerede forudsætninger for de samfundsøkonomiske og selskabsøkonomiske analyser er sammenfattet i nedenstående to tabeller: Table 4 og Table 5.

Table 4 Investeringer samt omkostninger til drift og vedligehold for det betragtede ethanol-anlæg: IBUS-halm.

IBUS halm: 35500 ton ethanol pr. år (Halm: 20t/h)		
Investering:		Investering mio.kr
Transportmateriel		0
Ethanol-produktion / anlægsinvestering		484
Power plant modification		5
Field construction, start-up and commisioning		94
Ialt		583
Drift- og vedligehold:		Drift- og vedligehold mio.kr / år
Transportmateriel		0
Ethanol-anlæg D&V		8
Personnel		14
Ethanol-produktion / input (annuitet for analyseperioden)		150
Halm		78
Enzymer		54
Råvand		0
Damp (10-40 bar		5
El-forbrug /køb		13
Diesel-forbrug		0
Diverse drifts-omkostninger		8
Ialt		179

Datakilde: Elsam Update af FRI 13/3-06 samt senere Update af KW 21/7-06.

Table 5 Driftsinput og -output for det betragtede ethanol-anlæg: IBUS-halm.

IBUS halm	35.500 tons
Input	
Halm	160000 t/år
Enzymer	3600 t/år
Råvand	2000 t/år
Øvrige input	8 Mio. DKK/år
Damp	138000 MWh/år
El	36000 MWh/år
Output	
Ethanol	35500 t/år
Biomasse til kraft	56600 t/år
CO2	34100 t/år
Halmmelasse	38300 t/år
Kilde: Opdatering af FRI 13/3-06	

4.3 Prissatte mængder for drifts-input og -output i IBUS-halm

Baseret på projekts hovedtal, Table 4 og Table 5, samt yderligere forudsætninger for indgående mængder og priser, virkningsgrader mv. kan de overordnede hovedtal etableres. Hovedtallene for input og output i mængder og priser er vist i Table 6.

Table 6 Prissatte mængder for drifts-input og -output i det betragtede ethanol-anlæg, IBUS-halm

INPUT i mængder og priser (Priser er gennemsnit for perioden 2011-2030)				
Midlel over perioden 2011-2030 via annuisering af nuværdi				
Ethanol-produktion / input	ton/år	MWh/år	DKK/ton	2005-mio.DKK/år
Halm	160000	644443	490	78.416
Enzymer	3600		15000	54.000
Råvand	2000		15	0.030
		MWh/år	DKK/MWh	2005-mio.DKK/år
Damp (10-40 bar)		138000	35	4.779
El-forbrug		36000	356	12.811
Diesel-forbrug		1329	314	0.418
OUTPUT i mængder og priser (Priser er gennemsnit for perioden 2011-2030)				
Midlel over perioden 2011-2030 via annuisering af nuværdi				
Ethanol-produktion / Output	ton/år	MWh/år	DKK/MWh	2005-mio.DKK/år
Ethanol	35500	262956	248	65.196
Biomasse til kraftværk	56600	295578	51	14.971
	ton/år		DKK/ton	2005-mio.DKK/år
Melasse foderstof	38300		450	17.235
CO2-salg	34100		150	5.115

Tabellens viste nøgletal for IBUS-halm projektet og de yderligere forudsætninger der ligger til grund for de viste mængder og priser beskrives nærmere i rapportens afsnit 5.1, 7.2 og 7.5.

4.4 Konsekvenser på forbrug af fossil energi: IBUS-halm

En kvantificering af de substituerede mængder fossilt baseret energi der opnås via IBUS-halm projektet fremgår af nedenstående Table 7 og Table 8.

Table 7 Beregnede ændringer på fossilt energiforbrug for projektet: IBUS-halm

Energi-balance / Fossil energi:		Basis
Fossil Energi - output/substitution (-)		
EtOH substituerer Benzin	GJ/år -946643	LCA
Lignin substituerer kul	GJ/år -1064080	
Foderstof substituerer soya proteinfoder?	GJ/år -215721	LCA
Fjernvarme fra procesenergiforbrug?	GJ/år 0	
Salg af CO2	GJ/år 0	
Sum	ton CO2/år -2226444	
Energi-forbrug (+)		
Fossil energi til halm (opstrøms)	GJ/år 0	
Fossil energi til transport, halm mv.	GJ/år 4783	
Kul til damp (uden LCA opstrøms)	GJ/år 299277	
El til proces	GJ/år 279637	
Humus reduktion via halmudtag	GJ/år 0	
Energi og Spildevandsrensning	GJ/år	
Energi og enzymer	GJ/år 14688	LCA
Sum	GJ/år 598385	
Fossil Energi - reduktion netto (-)		
Fossil energi-reduktion	GJ/år -1628059	
Fossil energi-reduktion	GJ/ton halm -10.2	
Fossil energi-reduktion	GJ/ton EtOH -45.9	
Fossil energireduktion per GJ Halm	GJ/GJ 0.70	
Fossil energireduktion per GJ EtOH	GJ/GJ 1.72	
Fossil energi-reduktion	GJ/år 1628059	

Table 8 Fossil energi substitution via halm udnyttet i IBUS-halm ift. forbrænding af halm.

Forbrændes 1 ton halm på kraftværker og substitueres fossil energi:		
Fossil energi		
Reduceret fossilt energiforbrug (-)		
1 ton halm subst. 14.5 GJ fossil energi		-14.500 GJ/ton halm
Medgående forbrug af fossil energi (+)		
Transport af halm til kraftværk		0.028 GJ/ton halm
<hr/>		
Fossil energi reduceret (-)		
Fossil energi		-14.472 GJ/ton halm
<hr/>		
Forhold (IBUS-halm / halm-forbrænding)		
Fossil energi reduktion via IBUS-halm:		-10.175 GJ/ton halm
Fossil energi reduktion via substitution på kraftværk:		-14.472 GJ/ton halm
Forhold (IBUS-halm / halm-forbrænding)	0.70	

4.5 Konsekvenser på CO2-emission: IBUS-halm

Kvantificerede ændringer for CO2-emission for det betragtede IBUS-halm projekt fremgår af nedenstående Table 9.

Table 9 Beregnede ændringer i CO2-emission for projektet: IBUS-halm

Drivhusgas-balance		Basis
CO2-reduceret (-)		
EtOH substituerer Benzin	ton CO2/år -82926	LCA
Lignin substituerer kul	ton CO2/år -101088	
Melasse substituerer anden foder	ton CO2/år -16395	LCA
Fjernvarme fra procesenergiforbrug?	ton CO2/år 0	
Salg af CO2	ton CO2/år 0	
Sum	ton CO2/år -200408	
CO2-emitteret (+)		
CO2 ifm. halm (opstrøms)	0	
CO2 ifm. transport, halm mv.	ton CO2/år 354	
Kul til damp (uden LCA opstrøms)	ton CO2/år 28431	
El til proces	ton CO2/år 22679	
Humus reduktion via halmudtag	ton CO2/år 24928	
CO2 og Spildevandsrensning	ton CO2/år	
CO2 og enzymer	ton CO2-eq/år 14688	LCA
Sum	ton CO2/år 91080	
CO2-emission netto		
CO2-emission	ton CO2/år -109328	
CO2-emission	kg CO2/ton halm -683	
CO2-emission	kg CO2/ton EtOH -3080	

Af Table 9 fremgår, at betydelige CO₂ reduktioner opnås på kraftværket, der udnytter restbiomassen (lignin mv.) fra bio-ethanol processen. Restbiomassen forudsættes her at substituere kul, hvilket reducerer CO₂-emissionen med godt 100 k ton CO₂ per år. Denne reduktion er noget større end den CO₂ emissionsreduktion, der opnås i transportsektoren (ca. 83 k ton CO₂/år), hvor anlæggets producerede bio-ethanol forudsættes at substituere benzin.

Salg af CO₂ fra fermenteringsprocessen forventes ikke at medføre CO₂-reduktion. Substitueret handels-CO₂ forventes emitteret til atmosfæren under alle omstændigheder.

Komponenter i Table 9, der øger CO₂ emissionen, vedrører forbrug af sam-produceret proces-damp og elektricitet, reduktion i jordens kulstofpulje som følge af halmudtag, samt CO₂-emission knyttet til anlæggets enzymforbrug.

Summen af disse effekter kan beregnes til en netto CO₂-reduktion på ca. 108 k ton CO₂/år, eller som en specifik reduktion per ton halm tilført anlægge på ca. 0.67 ton CO₂/ton halm.

Til sammenligning kan halm anvendt direkte i kraftvarmeværker og CO₂-emissionsreduktion opnået her sættes i relation til den beregnede netto reduktion for bio-ethanol anlægskonceptet IBUS-halm. En sådan sammenligning er opstillet i Table 10.

Table 10 CO₂-reduktion via IBUS-halm ift. forbrænding af halm substituerende kul.

Forbrændes 1 ton halm på kraftværker og substitueres kul (konventionelt):	
Drivhusgas	
CO₂-reduceret (-)	
1 ton halm subst. 14.5 GJ kul	-1.378 ton CO ₂ /ton halm
CO₂-emitteret (+)	
Humus reduktion via halmudtag	0.156 ton CO ₂ /ton halm
CO₂-reduceret netto (-)	
CO ₂ -reduktion	-1.222 ton CO₂/ton halm
Forhold (IBUS-halm / halm-forbrænding)	
CO ₂ -reduktion via IBUS-halm:	-0.683 ton CO₂/ton halm
CO ₂ -reduktion via forbrænding i kraftværk:	-1.222 ton CO₂/ton halm
Forhold (IBUS-halm / halm-forbrænding)	<u>0.56</u>

Opstillingen i Table 10 viser, at den opgjorte CO₂-reduktion i Table 9, opnået via bio-ethanol produktion på IBUS-halm koncept, kan forventes at udgøre ca. 56% af den CO₂-reduktion, der kan forventes, når halm substituerer kul på kraftværker.

Det skal understreges, at beregningen er forbundet med betydelig usikkerhed.

Table 11 CO2-reduktion via IBUS-halm ift. forbrænding af halm substituerende naturgas (NG).

Forbrændes 1 ton halm på kraftværker og substitueres NG:	
Drivhusgas	
CO2-reduceret (-)	
1 ton halm subst. 14.5 GJ NG	-0.825 ton CO2/ton halm
CO2-emitteret (+)	
Humus reduktion via halmudtag	0.156 ton CO2/ton halm
CO2-reduceret netto (-)	
CO2-reduktion	-0.669 ton CO2/ton halm
Forhold (IBUS-halm / halm-forbrænding)	
CO2-reduktion via IBUS-halm:	-0.683 ton CO2/ton halm
CO2-reduktion via substitution af NG i kraftværk:	-0.669 ton CO2/ton halm
Forhold (IBUS-halm / halm-forbrænding)	<u>1.02</u>

4.6 Prissatte udgifter og indtægter:

Projektets indtægter og udgifter omregnet fra nuværdier til annuiteter fremgår af Table 12.

Table 12 Årlige udgifter og indtægter: IBUS-halm

Samfundsøkonomi		Ethanol-anlæg integreret med KV-anlæg		
Årlige udgifter og indtægter:		IBUS halm: 35500 ton ethanol pr. år (Halm: 20t/h)		
Udgifter (annuitet)		Result 1	Result 2	Result 3
		mio.kr./år	mio.kr./år	mio.kr./år
Investeringer:				
	Transportmateriel	0.000	0.000	0.000
	Ethanol-produktion / anlægsinvestering	42.185	42.185	42.185
	Power plant modification	0.457	0.457	0.457
	Field construction, start-up and commissioning	8.230	8.230	8.230
Drift og vedligehold				
	Transportmateriel	0.000	0.000	0.000
	Ethanol-anlæg D&V	7.857	7.857	7.857
	Ethanol-produktion / input			
	Halm	78.416	78.416	78.416
	Enzymer	54.000	54.000	54.000
	Råvand	0.030	0.030	0.030
	Damp (10-40 bar)	4.779	4.779	4.779
	El-forbrug /køb	12.811	12.811	12.811
	Diesel-forbrug	0.418	0.418	0.418
	Andet input	0.000	0.000	0.000
	Personnel	13.555	13.555	13.555
	Diverse drifts-omkostninger	7.560	7.560	7.560
Sum:		230.297	230.297	230.297
Indtægter (annuitet)		Result 1	Result 2	Result 3
		mio.kr./år	mio.kr./år	mio.kr./år
Energi / -produktion				
	Ethanol-produktion	65.196	65.196	65.196
	el-produktion / salg	0.000	0.000	0.000
	varme-produktion	0.000	0.000	0.000
	Biobrændsel-produktion	14.971	14.971	14.971
Landbrug og industri				
	Salg af foderstof / Halm-melasse	17.235	17.235	17.235
	Modtage-gebyr for affald	0.000	0.000	0.000
	Salgs-CO2-produktion	5.115	5.115	5.115
	El-kapacitet ude qua dampudtag	-0.721	-0.721	-0.721
Miljø				
	Ændret emission af drivhusgasser (ekskl. CO2 i elforbrug)		19.801	19.801
	Vandmiljøerne, effekt på udvaskning		n.a.	n.a.
	Andre forureningsforhold		n.a.	n.a.
Generelt				
	Erhvervsbetydning, afledt eksportvirkning			n.a.
	Øget forsyningssikkerhed			n.a.
Sum:		101.796	121.597	121.597
		Result 1	Result 2	Result 3
		mio.kr./år	mio.kr./år	mio.kr./år
Annueret differens: Indtægter - udgifter		-128.501	-108.700	-108.700

Projektets annuierede nuværdi ses at være negativ under Resultat 3 forudsætninger, - med en værdi på godt minus 100mio.kr. For at balancere udgiftssiden, skal indtægtssiden henved fordobles før projektet bliver samfundsøkonomisk break-even.

Der er, som det ses af Table 12, ingen forskel på Resultat 2 og 3. Det fortæller meget eksplicit, at det ikke har været muligt i dette projekt at prissætte eksternaliteter grupperet under betegnelsen 'G enerelt'. Disse eksternaliteter vedrører IBUS-halm projektets konsekvenser på oliefortrængning, energiforsyningssikkerhed, erhvervsbetydning mm..

På udgiftssiden er de særlig store poster investeringsomkostninger og omkostninger til materielle input til processen. Og blandt input posterne er omkostningerne til halmkøb forventeligt den største post, men herefter optræder driftsomkostninger til køb af enzymer, som udgør godt 50mio.kr per år.

Af Table 12 fremgår også, at der skal meget betydelige kombinerede besparelser eller indkomststigninger til for at projektet kan nå break-even. Projektets følsomhed over for variation af de individuelle indtægts- og udgiftsposter fremgår endvidere indirekte af tabellen.

Det kan endvidere bemærkes i Table 12, at der under driftsindtægter er angivet et negativt tal for posten med betegnelsen 'El-kapacitet ude qua dampudtag'. Denne post vedrører de investeringsomkostninger, der er forbundet med kompensation for den reducerede elproduktionskapacitet på det kraftværk, som leverer proces-damp til bio-ethanol anlægget.

4.7 Bio-ethanol produktionspriser: IBUS-halm koncept

Den specifikke bio-ethanol produktion per ton halm tilført IBUS-halm anlægget er i beregningerne sat til 283 liter ethanol/ton Halm, og det betragtede anlæg er udlagt med en kapacitet til årligt at omsætte 160000ton halm. Med forudsætningerne fra Table 12 kan omkostningerne for produktion af bio-ethanol baseret på IBUS-halm koncept så beregnes som vist i nedenstående tabeller Table 13, Table 14 og Table 15.

4.7.1 Forudsat: Nettoafgiftsfaktor: 1. Forvridningsfaktor: 1

Table 13 Bio-ethanol produktionspriser: IBUS-halm koncept. /Samfundsøkonomi.

Forudsat: Nettoafgiftsfaktor: 1. Forvridningsfaktor: 1

Nøgletal	Nøgletallene er eksklusive: Når ét vælges er de øvrige ikke definerede !		
IBUS halm: 35500 ton ethanol pr. år (Halm: 20t/h)			
Ethanol-produktionspris:	(Samf. resultat ialt - ethanolindtægt)/(kWh ethanol produceret)		
Resultat 1: (R1)	0.74	kr/kWh EtOH	
Resultat 2: (R2) + Resultat 1	0.66	kr/kWh EtOH	
Resultat 3: (R3) + Resultat 2	0.66	kr/kWh EtOH	
Ethanol-produktionspris:	(Samf. resultat ialt - ethanolindtægt)/(liter ethanol produceret)		
Resultat 1: (R1)	4.28	kr/liter EtOH	
Resultat 2: (R2) + Resultat 1	3.85	kr/liter EtOH	
Resultat 3: (R3) + Resultat 2	3.85	kr/liter EtOH	
Ethanol-produktionspris:	(Samf. resultat ialt - ethanolindtægt)/(liter benzin-ækvivalent produceret)		
Resultat 1: (R1)	6.72	kr/liter Benzin-eq	
Resultat 2: (R2) + Resultat 1	6.03	kr/liter Benzin-eq	
Resultat 3: (R3) + Resultat 2	6.03	kr/liter Benzin-eq	

Resultater vist i Tab e 13 er gen nemført på samfundsøkonomisk grundlag, hvor resultaterne udtrykker projektets konsekvenser på statens budget. Tallene kan således sammenlignes med andre og tidligere analyser baseret på denne metode.

4.7.2 Forudsat: Nettoafgiftsfaktor: 1.17 Forvridningsfaktor: 1

Table 14 Bio-ethanol produktionspriser: IBUS-halm concept. /Velfærdsøkonomi.

Forudsat: Nettoafgiftsfaktor: 1.17. Forvridningsfaktor: 1.

Nøgletal	Nøgletallene er eksklusive: Når ét vælges er de øvrige ikke definerede !		
IBUS halm: 35500 ton ethanol pr. år (Halm: 20t/h)			
Ethanol-produktionspris:	(Samf. resultat ialt - ethanolindtægt)/(kWh ethanol produceret)		
Resultat 1: (R1)	0.86	kr/kWh EtOH	
Resultat 2: (R2) + Resultat 1	0.77	kr/kWh EtOH	
Resultat 3: (R3) + Resultat 2	0.77	kr/kWh EtOH	
Ethanol-produktionspris:	(Samf. resultat ialt - ethanolindtægt)/(liter ethanol produceret)		
Resultat 1: (R1)	5.01	kr/liter EtOH	
Resultat 2: (R2) + Resultat 1	4.50	kr/liter EtOH	
Resultat 3: (R3) + Resultat 2	4.50	kr/liter EtOH	
Ethanol-produktionspris:	(Samf. resultat ialt - ethanolindtægt)/(liter benzin-ækvivalent produceret)		
Resultat 1: (R1)	7.86	kr/liter Benzin-eq	
Resultat 2: (R2) + Resultat 1	7.06	kr/liter Benzin-eq	
Resultat 3: (R3) + Resultat 2	7.06	kr/liter Benzin-eq	

Resultater i Table 14 er gennemført på velfær dsøkonomisk grundlag, hvor priserne udtrykker konsekvenser på forbruget. At skatteforvridningsfaktoren er sat til 1. betyder, at det er forudsat at projektet er neutralt over for beskatning. Tallene kan således ikke umiddelbart sammenlignes med tidligere analyser baseret på samfundsøkonomisk grundlag.

Når markedet betaler break-even produktionsprisen vil skatteforvridningsfaktoren være 1.

4.7.3 Forudsat: Nettoafgiftsfaktor: 1.17 Forvridningsfaktor: 1.20

Table 15 Bio-ethanol produktionspriser: IBUS-halm concept. /Velfærdsøkonomi.

Forudsat: Nettoafgiftsfaktor: 1.17. Forvridningsfaktor: 1.20			
Nettoafgiftsfaktor anvendt på alle betalinger p.t.			
Skatte-forvridningsfaktor anvendt på overskud og underskud: DVS på Diff. = Indtægter - Udgifter			
Nøgletal	Nøgletallene er eksklusive: Når ét vælges er de øvrige ikke definerede !		
IBUS halm: 35500 ton ethanol pr. år (Halm: 20t/h)			
Ethanol-produktionspris:	(Samf. resultat ialt - ethanolindtægt)/(kWh ethanol produceret)		
Resultat 1: (R1)	0.98	kr/kWh EtOH	
Resultat 2: (R2) + Resultat 1	0.87	kr/kWh EtOH	
Resultat 3: (R3) + Resultat 2	0.87	kr/kWh EtOH	
Ethanol-produktionspris:	(Samf. resultat ialt - ethanolindtægt)/(liter ethanol produceret)		
Resultat 1: (R1)	5.68	kr/liter EtOH	
Resultat 2: (R2) + Resultat 1	5.06	kr/liter EtOH	
Resultat 3: (R3) + Resultat 2	5.06	kr/liter EtOH	
Ethanol-produktionspris:	(Samf. resultat ialt - ethanolindtægt)/(liter benzin-ækvivalent produceret)		
Resultat 1: (R1)	8.91	kr/liter Benzin-eq	
Resultat 2: (R2) + Resultat 1	7.94	kr/liter Benzin-eq	
Resultat 3: (R3) + Resultat 2	7.94	kr/liter Benzin-eq	

Dersom staten vil skulle dække projektets eventuelle underskud, eller vil kunne beskatte et overskud fra projektet, kommer skatteforvridningsfaktoren ind i billedet, og opgør de afledte virkninger på skatteindtægter og - udgifter til 20% (via en skatteforvridningsfaktor på 1.20). Resultater i Table 14 er gennemført på velfærdsøkonomisk grundlag, hvor der er regnet med en nettoafgiftsfaktor på 1.17 og en skatteforvridningsfaktor på 1.20. At skatteforvridningsfaktoren er sat til 1.2 og er forskellig fra nul betyder, at det er forudsat at projektets over- og underskud påvirker beskatningen, og at de afledte effekter slår igennem med 20%. Prisene i tabellen udtrykker ethanol produktionspriser målt i en gennemsnitlig forbrugerpris.

Table 16 Samfundsøkonomiske priser på diesel og benzin.

Transport-brændselspriser : An forbruger			Multipliseret med Netto-afgiftsfaktor: x 1.170
ENS tidsserie: pr. Juni 2006			
Middelværdi (annuieret) for perioden 2011-2030			
2005-kr / kWh			
Diesel	0.314	kr/kWh diesel	0.368
Benzin	0.358	kr/kWh benzin	0.419

4.8 CO2-reduktionsomkostninger: IBUS-halm koncept

Beregnes projektets CO2-reduktionsomkostninger (eller krav til CO2-reduktionspris for at nå break-even) fås meget høje værdier, jf. Table 17, Table 18 og Table 19, der afspejler projektets negative samfundsøkonomiske nuværdi.

*Table 17 Drivhusgas-reduktionsomkostninger: IBUS-halm concept. /Samfundsøkonomi.
Forudsat: Nettoafgiftsfaktor: 1. Forvridningsfaktor: 1*

Nøgletal	Nøgletallene er eksklusive: Når ét vælges er de øvrige ikke definerede !	
IBUS halm: 35500 ton ethanol pr. år (Halm: 20t/h)		
Samfundsøkonomisk rentabilitet		
Afkast rate på netto-investeringer (Samf. resultat ialt i Annuitet)/(Investeringer netto i Nuværdi ialt)*100		
Resultat 1: (R1)	1175	kr/ton CO2
Resultat 2: (R2) + Resultat 1	1175	kr/ton CO2
Resultat 3: (R3) + Resultat 2	1175	kr/ton CO2

*Table 18 Drivhusgas-reduktionsomkostninger: IBUS-halm concept. /Samfundsøkonomi.
Forudsat: Nettoafgiftsfaktor: 1.17. Forvridningsfaktor: 1*

Nøgletal	Nøgletallene er eksklusive: Når ét vælges er de øvrige ikke definerede !	
IBUS halm: 35500 ton ethanol pr. år (Halm: 20t/h)		
Drivhusgasreduktionsomkostning	(Samf. resultat ialt - GHGindtægt)/(ton CO2 reduceret netto)	
Resultat 1: (R1) + Resultat 0	1375	kr/ton CO2
Resultat 2: (R2) + Resultat 1	1375	kr/ton CO2
Resultat 3: (R3) + Resultat 2	1375	kr/ton CO2

Table 19 Drivhusgas-reduktionsomkostninger: IBUS-halm concept. /Velfærdsøkonomi.

Forudsat: Nettoafgiftsfaktor: 1.17. Forvridningsfaktor: 1.20

Nøgletal	Nøgletallene er eksklusive: Når ét vælges er de øvrige ikke definerede !		
IBUS halm: 35500 ton ethanol pr. år (Halm: 20t/h)			
Drivhusgasreduktionsomkostning	(Samf. resultat ialt - GHGindtægt)/(ton CO2 reduceret netto)		
Resultat 1: (R1)	1650	kr/ton CO2	
Resultat 2: (R2) + Resultat 1	1650	kr/ton CO2	
Resultat 3: (R3) + Resultat 2	1650	kr/ton CO2	

Det bemærkes at Resultat 1 er lig med Resultat 2 i tabellerne, hvilket skyldes at der i beregningerne af dette nøgletal, drivhusgas-reduktionsomkostning, ikke på datasiden indgår prissætning af drivhusgasreduktionen, samt at Resultat 2 der inddrager miljø-aspekter alene rummer kvantificerede drivhusgas-aspekter.

5 Energiforbrug: Priser og CO2

På de nedenstående Figure 2 og Figure 3 er vist de brændselspris-forudsætninger, der er anvendt i den samfundsøkonomiske analyse. Disse er baseret på ref. 3.

Elprisforudsætninger:

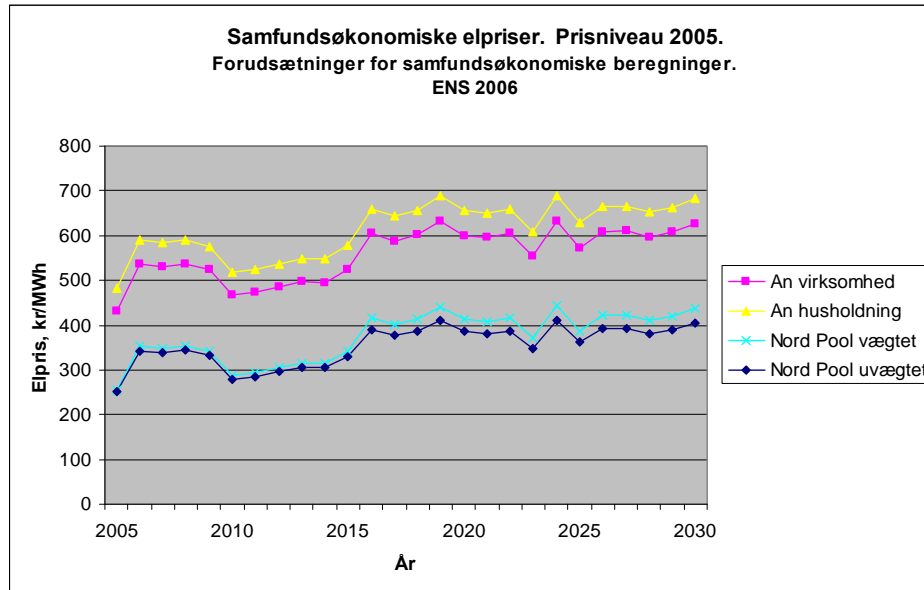


Figure 2 Samfundsøkonomiske elpriser. Prisniveau 2005.

Kilde: Forudsætninger for samfundsøkonomiske beregninger, ENS 2006.

Samfundsøkonomiske brændselspriser:

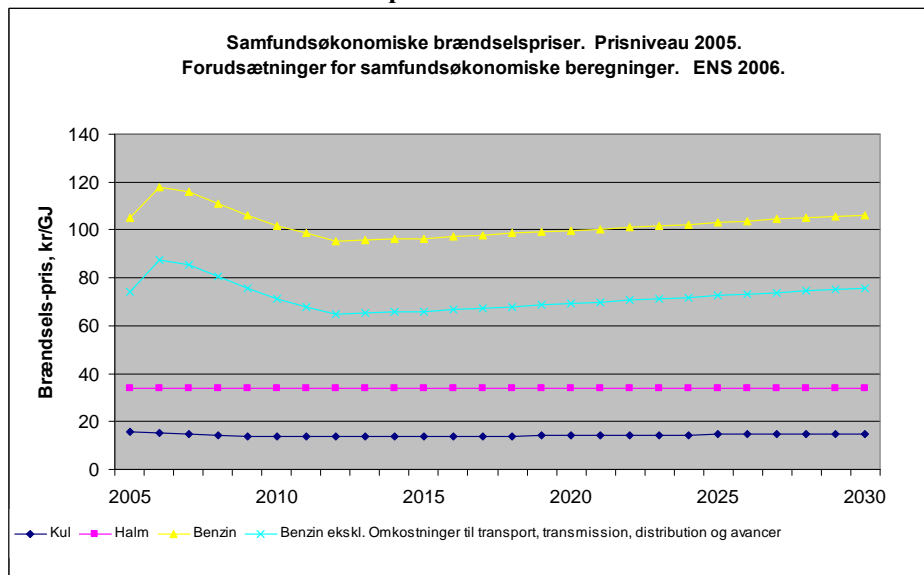


Figure 3 Samfundsøkonomiske brændselspriser. Prisniveau 2005.

5.1 El anvendt i bio-ethanol produktionen

5.1.1 CO₂-emission i mængde

Elektricitet anvendt i fremstillingsprocessen købes på el-spot-markedet og leveres fra det danske el-distributionsnet/-transmissionsnet. CO₂-indholdet pr. kWh elektricitet er vanskeligt at bedømme idet elforsyningsens brændselssammensætning varierer over året og gennem beregningsperioden fra 2011-2030, der forudsættes for analysen. Endvidere bør der anlægges en marginal betragtning, der fokuserer på de CO₂-mæssige karakteristika for det yderligere elforbrug (og evt. yderligere el-produktion) et ethanolanlæg medfører.

Den marginale elproduktion på tidspunkter, hvor anlægget er i drift, vil være fordelt på adskillige værker i Danmark og i udlandet. For at give et bud på størrelsesordenen for den medfølgende CO₂ emission for den marginale elproduktion over analyseperioden er der taget udgangspunkt i den seneste basis-fremskrivning af dansk elforsyning, som den er beskrevet i Energistrategi 2025, Perspektiver frem mod 2025 og oplæg til handlingsplan for den fremtidige el-infrastruktur, fra juni 2005.

Af baggrundsrapporten (Basisfremskrivning af el- og fjernvarmeproduktionen 2005-2025, Teknisk baggrundsrapport til Energistrategi 2025, Energistyrelsen, juni 2005) fremgår, hvilken bestykning med produktionsanlæg samt hvilken brændselssammensætning der forudsættes i Basisfremskrivningen. For de termiske kraftværker udgør kul, naturgas og biobrændsler de dominerende brændsler, og andelen af kul falder i den sidste del af perioden.

For at vurdere størrelsesordenen på den medfølgende CO₂ emission fra elforbrug i ethanolproduktionsprocessen tages der i det følgende udgangspunkt i elproduktion og brændselssammensætning for kondensproduktion på danske kraftværker over perioden fra 2011 til 2030. **Det er således forudsat at den marginale elproduktion og det marginale elforbrug produceres på danske kondensværker, hvilket ikke er helt korrekt, men som dog kan give et udtryk for en generel størrelsesorden.**

For kategorien kondensværker i Basisfremskrivningen kan den gennemsnitlige årlige virkningsgrad for elektricitet produceret på kondensværker beregnes ved at sammenholde el-produktionen med samtlige brændselsforbrug fordelt på brændselstyper, der er angivet for denne kategori af værker. Udviklingen i den årlige elvirkningsgrad i middel for kategorien kondensværker er vist på Figure 4.

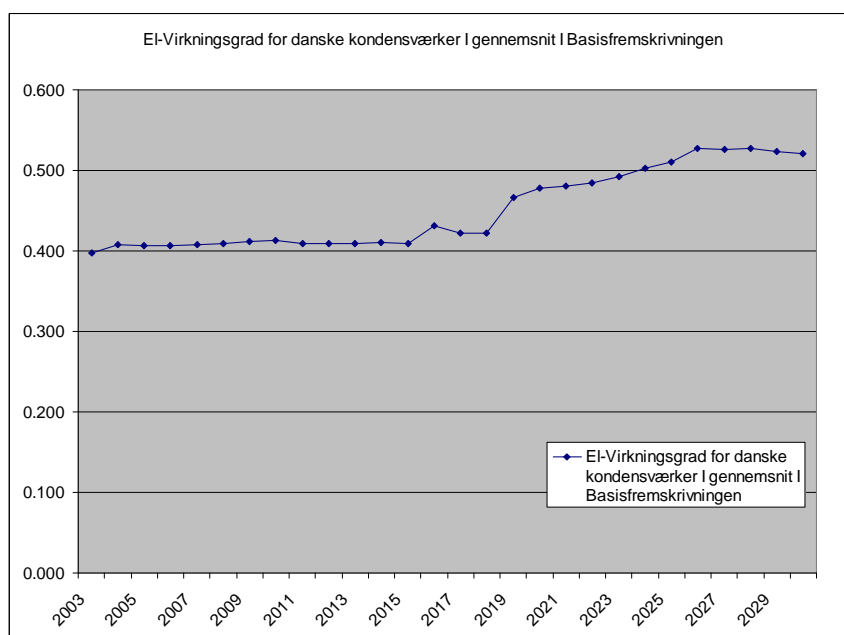


Figure 4. Elvirkningsgrad for kategorien danske kondensværker som beskrevet i Basisfremskrivningen, ENS juni 2005.

Ud fra kategorien kondensværkers årlige elproduktion og brændselssætning kan en tilsvarende årlig CO₂-emissions koefficient beregnes. Denne er vist på Figure 5.

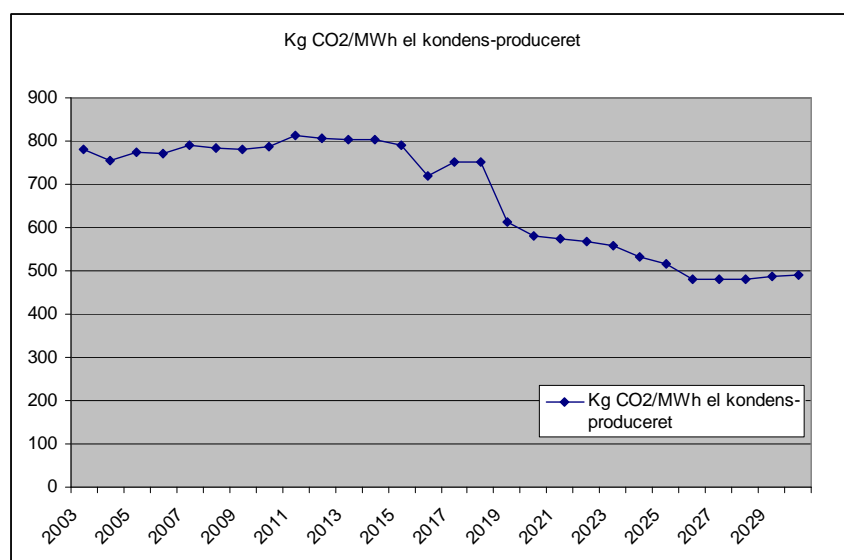


Figure 5: Middel CO₂-emissionskoefficient for dansk kondensproduktion 2003-2030.

Den forudsatte CO₂-emissionskoefficient i middel for dansk elproduktion på kondensværker som beskrevet i Basisfremskrivningen falder fra et niveau på knap 800 kg CO₂ pr MWh i periodens første halvdel til omkring 500 kg CO₂ emitteret per MWh produceret i periodens sidste del. For ethanol-analysens 20-årige beregningsperiode, fra

2011 til og med 2030, kan den gennemsnitlige direkte CO₂-emissionskoefficient beregnes til 630 Kg CO₂/MWh el kondens-produceret.

Værdisætning af CO₂-emission fra elforbrug:

Værdisætning af den emitterede CO₂ fra elforbrug til ethanolproduktion er inkluderet i den markedsbestemte samfundsøkonomiske elpris.

5.2 Kul medgået til bioethanol produktion: Procesdamp

5.2.1 CO₂-emission i mængde

Det forudsættes i DONG Energys beregninger for IBUS-konceptet integreret med KV, at den yderligere dampproduktion, der udtages ved 10-40 bar, vil kunne leveres fra kraftværket med en virkningsgrad på $1/0.60=1,67$. Det ekstra kulforbrug pr. GJ damp ved 10-40 bar forudsættes at udgøre 0.60GJ kul/GJ damp.

Den medfølgende yderligere CO₂-emission baseret på en emissionskoefficient for kul på 95 kg CO₂/GJ kul kan således beregnes til 57kg CO₂/GJ damp for den integrerede proces.

6 Uddybende bemærkninger

6.1 Kulstofomsætning i jord. Humus, halmudtag og CO₂-balance.

6.1.1 Nedmulding af halm

Citat fra ref. 22. p1:

Ved afbrænding af halm eller omdannelsen af halm til biobrændstof med efterfølgende afbrænding frigives halmens kulstof som CO₂. Hidtil har denne udnyttelse af halm været anset som CO₂-neutral, idet halmen under væksten har optaget samme mængde CO₂ fra luften.

Halmen kan imidlertid i stedet for afbrænding nedmuldes i landbrugsjorden, som herved får tilført halmens kulstof. I takt med at halmen nedbrydes i jorden frigives kulstoffet igen som CO₂. Nedbrydningshastigheden af biomasse i jord afhænger af hvor komplekse biomassens kulstofbindinger er. En stor del af kulstofbindingerne er forholdsvis let nedbrydelige, mens en mindre del er svært nedbrydeligt. Det betyder at forholdsvis meget af den nedmuldede halm forsvinder indenfor det første år som CO₂. I de efterfølgende år er nedbrydningsraten mindre.

Citat fra ref. 22 p2:

Det foreslås derfor, at der i beregningerne for CO₂-binding i jord tages udgangspunkt i bindingen over en 50-årig periode, som jf. ovenstående gennemsnitlig udgør ca. 13 % af det tilførte kulstof. Hvis der korrigeres for, at kulstof fra halm bindes dårligere end fx kulstof fra gylle, og at sortvalget af korn vil afspejle landmandens ønske om hhv. stort eller lille halmudbytte, vil en fornuftig vurdering være, at der skal regnes med at ca. 10 % af den fjernede halm vil gå fra bindingen i jord.

I de samfundsøkonomiske analyser af ethanolproduktion på halm i Danmark forudsættes: På baggrund af ovenstående notat og referencerne 22, 23 og 24 vil konsekvenser på kulstofindholdet i landbrugsjord ved fjernelse af halm blive inddraget i den udvidede samfundsøkonomiske analyse. Dette CO₂-emitterende bidrag indregnes ved: '10 % af den fjernede halm vil gå fra bindingen i jord'.

Prissætning af denne CO₂-emissionskomponent baseres på den forudsatte markedspris på CO₂-emissions tilladelser gennem beregningsperioden.

6.2 Foderstof som biprodukt fra bio-ethanol produktion

Et proteinrigt foderstof (svarende til DDGS) produceres som biprodukt ved ethanolproduktion via et IBUS-halm anlægskoncept.

I dette alternativ vil foderproduktion substituere andre foderprodukter, der kan være importerede, eksempelvis soja og kornberme. Energiforbrug og CO₂-emission medgået opstrøms til produktion af de substituerede mængder foderstoffer i referencen skal medregnes i den udvidede samfundsøkonomiske opgørelse af konsekvenser af alternativet på energibalancer og CO₂-emission.

Det er skønnet (jf. ref.27) at DDGS vil substituere et fossilt energiforbrug opstrøms svarende til kornberme. Medgået fossilt energiforbrug opstrøms for kornberme (jf. ref. 26) er vurderet til 5.7MJ/foderenhed, hvilket svarer til 5.63 GJ/ton foderstof (med 10% vand). Når det forudsættes, at den medgående energi er delt 50/50 på diesel og fuelolie, kan den tilsvarende CO₂-emission beregnes til 428 kg CO₂/ton foderstof.

6.3 Salg af CO₂ som biprodukt fra bio-ethanol produktion

CO₂ er en handelsvare, og solgt CO₂ substituerer således handels-CO₂. Den medgåede CO₂-emission opstrøms til produktion af handels-CO₂ og til fremtransport til forbrugeren bør derfor opgøres og medregnes. Tilsvarende skal omkostninger mv., der er forbundet med at bringe ethanol-projektets solgte CO₂ frem til forbrugeren medregnes.

Der mangler p.t. referencer, der kan danne basis for en mere detaljeret kvantificering og prissætning af dette biprodukt, samt for det substituerede referenceprodukt, - handels-CO₂.

Dersom handels-CO₂ er fremstillet næsten CO₂-frit, f.eks. via CO₂ fra anden fermentationsproces på eksisterende spritfabrikker, så substitueres et produkt der ikke bærer CO₂ fra fossile kilder, og følgelig opnås ingen nævneværdig CO₂-reduktion.

Endvidere ville CO₂-kilden til handels-CO₂ være emitteret til atmosfæren under alle omstændigheder (ref. 28).

Det forudsatte salg af CO₂ udgør en vigtig post i det samlede CO₂-regnskab for IBUS-halm fra DONG Energy. I nærværende samfundsøkonomiske analyse er denne post ikke medregnet i CO₂-opgørelsen.

6.4 Udledning/rensning af spildevand

Rensning af spildevand: Energiforbrug og CO₂-emission.

Det er p.t. ikke fuldt belyst i projektet, hvorvidt spildevandsforhold udgør et signifikant omkostningselement, eller indebærer miljømæssige eksternaliteter, der måtte inddrages i den udvidede samfundsøkonomiske analyse af ethanol produktion i Danmark.

Dansk miljøregulerings krav til spildevand samt eventuelle økonomiske konsekvenser for de betragtede ethanol-projekter/koncepter skal afklares nærmere for den udvidede samfundsøkonomiske analyse.

Det er p.t. ikke vurderet/kvantificeret, hvorledes spildevand i mængder og sammensætning varierer blandt de betragtede anlægskoncepter.

Hvorvidt denne post er signifikant er p.t. ikke fuldt belyst.

DONG Energy har inkluderet investeringer og driftsomkostninger ifm. spildevandsrensning i de aggregerede investerings og D&V data, der her er taget udgangspunkt i.

6.5 Emissioner til luft i øvrigt

Ingen identificeret.

6.6 Konsekvens af halmudtag for handelsgødningsforbrug

Udtag af halm reducerer jordens indhold af total-kvælstof. Dette kunne umiddelbart forventes at medføre et behov for øget gødskning på arealer med halmudtag. Imidlertid opgøres nedmuldet halm ikke som kvælstof-komponent i de gældende danske gødskningsnormer (for mængden af kvælstof der pr. hektar må gødskes). Det betyder, at landmanden, der gødske optimalt og op til normerne, ikke kan øge tilførslen af handelsgødning på arealer med halmudtag.

Det reducerede udbytte, der kan følge af den reducerede mængde total-kvælstof på arealerne, kunne således udgøre et økonomisk tab for landmanden. Det forudsættes her, at dette økonomiske tab vil være afspilet i halmprisen, og at landmanden således vil være kompenseret.

For den samfundsøkonomiske analyse betyder dette, at halmudtag ikke påvirker forbruget af kvælstof handelsgødning og CO₂-mission relateret hertil.

6.7 Halmudtag: Effekt på udvaskning af kvælstof (N)

Udtag af halm reducerer som nævnt jordens indhold af total-kvælstof. Dette kompenseres imidlertid ikke via øget gødsning på arealer med halmudtag, hvilket som nævnt er en konsekvens af de gældende danske gødnings-regulativer. Arealer med halmudtag kan som følge heraf samlet set få tilført mindre mængde total-kvælstof. Og dette kan have betydning for kvælstofudvaskningen fra disse arealer. Det må således forventes, at udvaskning af kvælstof fra arealer med halmudtag kan være reduceret i forhold til en referencesituation, hvor halm muldes ned.

Dette forhold bør indgå i den udvidede samfundsøkonomiske analyse.

Data herfor er p.t. ikke fastlagt.

6.8 Anvendelse for organisk affald (waste to value)

Miljøeffekter?

Affald tilføres ikke processen i IBUS konceptet.

6.9 Lugtgener: Konsekvenser i alternativet ift. referencen

Dette forhold er ikke klarlagt.

7 Bio-ethanol / selskabsøkonomi

7.1 Beregninger

Der udregnes i denne analyse nutidsværdi og break-even ethanolpriser for et halm-baseret IBUS-ethanolanlæg.

7.2 Proces- og anlægsdata

De grundlæggende forudsætninger for den selskabsøkonomiske beregning, Table 20, er samstemmende med forudsætningerne anvendt i den samfundsøkonomiske analyse jf. Table 4 og Table 5.

Table 20 Investeringer, omkostninger til drift og vedligehold samt input og output for IBUS-halm. Selskabsøkonomi.

IBUS Straw	
Investment	
Total Investment	583 Mio. KR.
Operation and Maintenance	
O & M	21 Mio. KR./år
Input	
Straw	160000 t/år
Enzymes (Cellulase X)	3600 t/år
Water	2000 t/år
Other Inputs	8 Mio. KR./år
Steam	138000 MWh/år
Electricity	36000 MWh/år
Output	
Ethanol	35500 t/år
Biomass for CHP	56600 t/år
CO ₂	34100 t/år
Straw-molasses	38300 t/år

7.3 Beregningsparametre

Ethanolproduktionsanlægget forudsættes at have en levetid på 20år, og den selskabsøkonomiske kalkulationsrente sættes til 6 % p.a..

Den angivne rente er alene et udtryk for kapitalomkostningerne, og er således den risikofri rente. Grunden til at der her ikke regnes med en risikokorrigeret rente er, at risikoen i denne analyse belyses gennem Monte Carlo simuleringer (MC).

7.4 Beskatning

Cash flowet for det enkelte anlæg antages beskattet med en selskabsskat på 28 %.

Etablering af IBUS-anlægget kræver investeringer i anlæg og bygninger. Sådanne investeringer afskrives og afskrivninger er fradragsberettigede. Dette udgør en skattemæssig fordel for DONG Energy som rettelig bør indgå i den driftsøkonomiske CBA. Der regnes i denne analyse med en selskabsskat på 28 % og da det antages at størstedelen af investeringen går til maskineri og anlæg regnes med en saldoafskrivning på 25 %.

7.5 Prisantagelser

7.5.1 Input-priser

7.5.1.1 Halm

Der eksisterer allerede nu et marked for dansk produceret halm (halm til kraftvarmeproduktion), og dette marked kan bruges som indikator for hvilke priser en halmproduceret ethanolproduktion vil stå overfor.

Halmhandlen foregår imidlertid oftest i udbudsrunder, og priserne er som følge deraf oftest ikke offentligt tilgængelige. I 1990-91 varierede halmprisen fra 350 kr./ton til 558kr./ton, med et gennemsnit på 440 kr./ton [19]. Fjernvarmeværkers halmlicitation øst for Storebælt gav et licitationsresultat på 350-400 kr./ton an værk, hvorimod resultatet vest for Storebælt var 320-370 kr./ton [20]. Årsagen til de to separate priszoner er at broafgiften for transport over Storebælt betyder en meromkostning på 70-100 kr./ton [12].

Der eksisterer ikke offentlige tilgængelige oplysninger om halmprisen for de seneste år. Der er desuden en række forhold der gør at den historiske halmpris kan være en dårlig approksimation af fremtidige priser. Først og fremmest har det eksisterende halmmarked været genstand for diskussioner om markedsmagt og både producenter og aftagere af halm er blevet beskyldt for anvendelse af henholdsvis sælger- og købermagt [12]. Halmleverandørerne har beskyldt E2 og Elsam (begge nu en del af Dong Energy) for at benytte deres dominerende markedsposition til at presse priserne til et niveau under de marginale produktionsomkostninger [12]. Omvendt har E2 og Elsam kritiseret halmleverandørerne for at vha. leverandørforeninger at udnytte den uelastiske efterspørgsel (som er en direkte følge af at kraftvarmeproducenterne i kraft af biomasseaftalen er forpligtiget til anvendelse af en fastsat mængde halm) [12]. Dette har medført at Elsam (Dong Energy) og Danske Halmleverandører, med Konkurrencestyrelsens indblanding, er blevet enige om en ny indkøbsprocedure. Det er uklart hvorvidt dette vil påvirke fremtidens priser, men der er i landbruget forventninger om at det vil medføre prisstigninger [10].

Hinge & Maegaard [11] anslår at producenter skal have en pris på 390-670 kr./ton før at halmleverancer bliver profitable. Det brede interval skyldes primært at lageromkostningerne varierer meget alt efter om der anvendes en konventionel lade (240-310 kr./ton) eller en staklade (ca. 80 kr./ton). Det må derfor antages at rationelle halmproducenter anvender staklader og dette taler for at den lave ende af prisintervallet er mest sandsynlig.

De opgjorte produktionsomkostninger indeholder også værdien af halm af mark, dvs. den jordforbedrende effekt som opnås ved nedmuldning af halmen. Værdien af denne effekt er svær at kvantificere og den afhænger af mange forhold [1], så som

- Jordtype
- Jordens nuværende kulstofindhold
- Sædskifte
- Anvendelse af husdyrgødning

Derfor vil værdien af halm af mark variere meget fra den ene producent til den anden, og også fra den ene arealenhed til den anden for hver enkelt producent.

Desværre findes en stor del af de danske halmressourcer på de arealer der i forvejen er præget af lavt kulstofindhold [1], og dette forhold betyder at en række landmænd kun vil udbyde deres halm, hvis prisen på halm stiger væsentligt [12]. Dette forhold indikerer en stejl udbudskurve, og det forstærkes af at høje transportomkostninger begrænser indenlandsk transport og indtil videre har udelukket import.

Af den mængde halm fra kornafgrøder der årligt er blevet produceret i perioden fra 2000 til 2005 er rundt regnet 2 mio. ton forblevet på marken [18]. Derfor vil IBUS-projektets halmforbrug på 160.000 ton årligt være en ikke uvæsentlig mereefterspørgsel, hvilket, sammenholdt med den formodentlig stejle udbudskurve, med stor sandsynlighed vil medføre stigninger i prisen på det danske halmmarked. Denne prisseffekt vil naturligvis være endnu mere udtalt såfremt der installeres yderligere halm-baseret ethanolkapacitet.

Det har dog ikke været muligt med det forhåndenværende datamateriale at estimere udbudselasticiteten, og størrelsen på prisseffekten er derfor ikke estimeret. I stedet regnes der i analysen som udgangspunkt med at prisen er 450 kr./ton halm og for at afspejle usikkerheden omkring fremtidige priser og risikoen for prisstigninger anvendes der i MC simuleringen en log-normal sandsynlighedsfordeling med median $\ln(450\text{kr})$ og geometrisk spredning på $\ln(10\%$ af $450\text{kr})$. Fordelingen er trunkeret således at priser under 350 kr./ton og over 750 kr./ton ikke forekommer. Denne fordeling giver større sandsynlighed for at prisen overstiger 450 kr./ton end for at prisen falder til et niveau under 450 kr./ton. Derved reflekteres den ovennævnte argumentation for en stejl udbudskurve samt muligheden for prisstigninger forårsaget af den nye halmhandelsprocedure.

7.5.1.2 Kornpriser

Salgsprisen for danske landmænd på hvedekorn har i perioden 2001-2005 varieret mellem 760 og 940 kr./ton [9]. Det danske kornmarked er i modsætning til halmmarkedet stærk koblet til verdensmarkedet hvilket nødvendigvis påvirker prisdannelsen. Tidligere har EU haft en interventionspris på 760 kr./ton [9] og den historiske hvedepris har derfor ikke kunne ligge under dette niveau, men i Danmark interverneres der ikke længere og der er derfor ikke længere nogen minimumsgrænse for prisen på hvedekorn [10]. Prisen på hvedekorn er således udelukkende bestemt af udbud og efterspørgsel på det globale marked. Baseret på de historiske priser regnes der i denne analyse med en minimumpris på 700 og en maksimumpris på 1000 kr./ton, og det antages at sandsynligheden for udfald er lige stor i hele intervallet fra 700-1000 kr./ton.

7.5.1.3 Damp

Dampen der anvendes i IBUS-processen produceres på det kraftvarmefærk som anlægget er integreret med. Derved udnyttes kraftvarmefordelen og på den måde opnås en meget høj marginal varmekvirkningsgrad. Det er således muligt at producere 1GJ damp ved et tryk på 10-40bar, på basis af 0,5-0,7 GJ kul [4].

Prisen på damp er derfor både afhængig af prisen på kul og af om der skal 0,5 eller 0,7 GJ kul til at producere 1 GJ damp. Kul til damp forholdet varieres i MC simuleringen mellem 0,5:1 og 0,7:1 og der regnes med samme sandsynlighed for udfald i hele intervallet.

7.5.1.4 Kul

Kulprisen sættes til at følge Energistyrelsens fremskrivning, se DEA [3] og dertil lægges et drift- og vedligeholdstillæg på 1 kr./GJ kul. Derudover regnes der med en tung-proces kulafgift på 6,6 kr./GJ jf. Energistyrelsens vejledning. Kulprisen varieres i MC-simuleringen med +/- 10 % og der regnes med samme sandsynlighed for udfald i hele intervallet.

7.5.1.5 Elektricitet

Der regnes i denne analyse med elprisestimerne fra DEA [3]. Da disse ikke inkluderer afgifter tillægges 35 kr./MWh som af DEA [3] vurderes at være den typiske afgiftssats for el til tung proces. Elprisfremskrivningen er naturligvis forbundet med stor usikkerhed og derfor antages den i MC simuleringen at variere +/- 10 % omkring prisestimatet for det pågældende år og der regnes med samme sandsynlighed for udfald i hele intervallet.

7.5.1.6 Enzymer

Enzymer til IBUS-korn

DONG Energy estimerer at den årlige enzymomkostning for det kornbaserede anlæg 34 millioner kroner [4]. Dette tal anvendes også i denne beregning, men for at illustrere usikkerheden omkring estimatet, regnes der med at den årlige enzymomkostning er normalfordelt med middelværdi 34 mill. kr. og en spredning på 10 % af middelværdien.

Enzymer til IBUS-halm

Enzymer til 2. generationsanlæg er stadig under udvikling og omkostningerne har som følge deraf været uforholdsmæssigt høje. I 2005 udmeldte Novozymes, at enzymomkostningen var nedbragt fra ca. 7,9 kr./l ethanol til mellem ca. 0,16 og ca. 0,28 kr./l ethanol [16].

Joel R. Cherry fra Novozymes, har dog modificeret denne udmelding ved at udtale, at en mere realistisk antagelse af enzymomkostninger ved produktion af bioethanol fra lignocellulose vil være mellem 0,75 og 1,50 kr./l ethanol.¹

Baseret på de divergerende udmeldinger regnes der i denne analyse med et prisinterval fra 0,16 til 1,50 kr./l og det antages at sandsynligheden for udfald er identisk i hele intervallet.

7.5.2 Output-priser

7.5.2.1 Ligninrest – Fast biobrændsel

Prissat som kulprisen, plus et tillæg

Da ligninkomponenten er et biobrændsel antages det at det kan medvirke til opfyldelse af de, som følge af biomasseaftalen, stillede krav til anvendelse af i biomasse i kraftvarmeproduktionen. Således vil anvendelse af det faste biobrændsel i kraftvarme produktionen medføre økonomiske fordele i form af pristillæg og fritagelse for energiafgift på varmedelen. Kraftvarme producerende enheder der hører under biomasseaftalen opnår pt. følgende fordele ved anvendelse af biobrændsel:

- a) Garanteret elpris på 300kr / MWh (LBK 1115 08/11/2006)
- b) Pristillæg på 100kr / MWh el (LBK 1115 08/11/2006)
- c) Tilskud på op til 100kr / ton (LBK 1115 08/11/2006). I praksis modtager enhederne mellem 37,50kr / ton og 100kr / ton [13]
- d) Fritagelse for energiafgift på varmedelen 51,9kr / GJ varme (LBK 1068 30/10/2006)
- e) Fritagelse for køb af CO₂-kvoter idet det må antages at CO₂-udledningsfaktoren sættes lig nul (jf. LOV 493 09/06/2004)

Disse fordele betyder at kraftvarmeproducerende enheder er villige til at betale en signifikant højere pris for ligninbrændsel end for alternativet kul. Ligninbrændslet kan således prissættes som kulprisen, plus et tillæg der reflekterer den økonomiske fordel der er forbundet med brændslets karakterisering som biobrændsel. Dette tillæg kan udregnes på basis af ovenstående, dog kræver det antagelser omkring følgende parametre:

- Den gennemsnitlige elpris i kraftvarmeanlæggets driftstimer (til beregning af den økonomiske fordel ved den stillede prisgaranti jf. pkt.a)
- Den gennemsnitlige elvirkningsgrad

¹Udtalt i forbindelse med "Biofuels and Bioenergy: Challenges and Opportunities, An international conference by the international energy agency bioenergy program, task 29, 31 & 39, Vancouver, BC, Canada, 27-30 August 2006" [21].

- Den gennemsnitlige varmeevkningsgrad

Prissat som træpiller

En alternativ tilgang til prissætningen af ligninbrændslet er at prissætte det som et sammenligneligt biobrændsel. Træpiller kan på samme måde som ligninbrændslet suspensionfyres, og såfremt der korrigeres for brændværdien vil prisen på ligninbrændslet derfor være sammenlignelig med prisen på træpiller, idet disse brændsler i tilskuds-/afgiftssammenhæng behandles ens.

Prisen på træpiller i Danmark har i perioden fra primo 2003 til primo 2005 varieret i intervallet fra 800 til 925 kr/t on ekskl. moms for partier over 3 ton [8]. Ligninbrændslet har en smule højere brændværdi (18,8 GJ/ton [6]) end træpiller (17,5 GJ/ton [3]), og hvis der korrigeres for denne forskel bliver det tilsvarende prisinterval for ligninbrændslet 860-990 kr/ton.

Pris-forudsætninger for ligninbrændsel

Denne prissætning har dog det forbehold at den forudsætter fortsættelse af ovennævnte offentlige støtte i hele analysens periode. Punkt (a) og (c) er begrænset til en 10-årig periode og (b) er begrænset til en 20-årig periode regnet fra idriftsætning af de biomassefyrede anlæg. Derfor kan disse ikke forventes at fortsætte i hele analysens tidsrum. For at tage højde for denne usikkerhed omkring fremtidig afgifts-/tilskudsdifferentiering af biobrændsler og fossile brændsler, regnes der i denne analyse med en **"worst case"** og **"best case"** prisantagelse. I "worst case" prisantagelsen forudsættes det at al tilskuds-/afgiftsdifferentiering af biobrændsler og fossile brændsler bortfalder, og derfor sættes prisen per energienhed ligninbrændsel lig med prisen per energienhed kul. I "best case" prisantagelsen regnes der derimod med fortsættelse af nuværende differentiering og derfor prissættes en energienhed ligninbrændsel som en energienhed træpiller. Prisfremskrivninger for kul er taget fra DEA [3] hvorimod træpilleprisen er sat til gennemsnittet af den historiske pris (primo 2003 til primo 2005) [8].

Prisfremskrivningerne fremgår af Figure 6. Foruden variationen mellem de to prisforudsætninger regnes der i MC simuleringen med en +/- 10 % variation af priserne vist i Figure 6. Der regnes med samme sandsynlighed for udfald i hele intervallet.

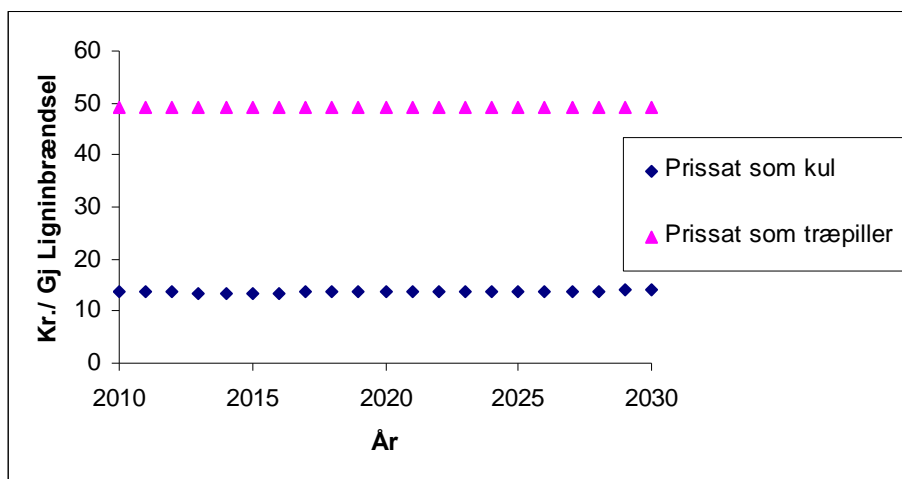


Figure 6 Prisforudsætning for restproduktet lignin som biobrændsel.

7.5.2.2 DDGS

Det DDGS der fremstilles ved IBUS-korn processen forestilles anvendt som husdyrfoder. Med hensyn til ernæringsmæssige karakteristika er det at sidestille med sojaskrå [15] og derfor antages det at DDGS'en vil substituere sojaskrå. Sojaskrå indeholder 87,6 % tørstof og 1,36 foderenheder (FE) per kg tørstof hvorimod DDGS med et tørstof indhold på 90 % kun indeholder 1,08 FE per kg tørstof [15]. Substitution på basis af foderenheder giver således et substitutionsforhold på 0,816 kg sojaskrå per 1 kg DDGS.

Som det fremgår af Table 21 har der historisk været en vis variation i prisen på sojaskrå i Danmark. For at tage højde for denne variation regnes der i MC simuleringen med udgangspunkt i gennemsnitsprisen med at fremtidige priser vil varierer med +/- 15 % med samme sandsynlighedsfordeling i hele intervallet.

Table 21 Historiske priser på sojaskrå i Danmark [2]

Priser - Sojaskrå								
År	1998-1999	1999-2000	2000-2001	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005	Gennemsnit
Kr. per ton	1410	1330	1700	1700	1560	1490	1460	1521

7.5.2.3 CO₂-produkt

Industrielt CO₂ fremstillet på svenske bio-ethanolanlæg handles ifølge Air Liquide til en pris omkring 300 kr. per ton. De in dregnede anlægs- og driftsomkostninger inkluderer dog ikke udgifter forbundet med opsamling, rensning og komprimering af gassen. Nettoværdien af CO₂ gassen kan derfor varierer mellem 300 kr. per ton (negligerbare udgifter) og 0 kr. per ton (udgifterne overstiger indtægterne). Der regnes med identiske sandsynligheder i hele udfaldsrummet.

7.5.2.4 Halmmelasse

Dong Energy har estimeret værdien af halmmelassen til at ligge på 450 kr. per ton [6]. Dette ligger betydeligt under hvad andre melasseprodukter bliver handlet til [2], men halmmelassen forventes også at have lavere sukkerindhold end andre melasseprodukter. Idet der ikke på nuværende tidspunkt findes et marked for et identisk melasseprodukt, og fordi storskalaproduktion af halmbaseret ethanol vil resultere i markant udbud af halmmelasse, er Dong Energy's prisestimat forbundet med stor usikkerhed. Derfor regnes der i MC simuleringen med at udfaldsrummet for halmmelasseprisen er middelværdien 450 kr. per ton +/- 10 %. Der regnes med identiske sandsynligheder i hele udfaldsrummet.

7.5.2.5 Ethanol

Ethanolproduktet fra IBU S produktionen forestilles anvendt som brændstof i den danske transportsektor og vil således substituere benzin.

I denne analyse prissættes ethanolen enten:

- som den benzin den vil substituere, eller
- efter prisen på ethanolmarkedet.

Uden nogen form for offentlig regulering (afgiftslettelse, tvungen iblanding o.l.) vil de to prissætningsmetoder give samme resultat, men da der på globalt plan er mange nationer, der aktivt støtter anvendelsen af ethanol som transportbrændsel, er prisen pt. højere på ethanol, end den er på benzin.

Ethanolproducenter vil naturligvis afsætte deres produkt på det marked hvor den højeste pris opnås (dvs. til prisen på ethanolmarkedet), men såfremt ethanolbrændsel i fremtiden skal klare sig på markedsvilkår vil ethanolmarkedsprisen konvergere mod benzinmarkedsprisen. At prissætte ethanolproduktet som benzin, korrigeret for substitutionsforhold, er derfor et **"worst case"** scenarium for ethanolproducenten. I den analyse er benzinprisen sat efter Energistyrelsens seneste fremskrivning [3] og det volumetriske substitutionsforhold er i MC-kørslen sat til 64 %.²

En prissættelse efter den nuværende ethanolmarkedspris på 2,85 kr./ liter ethanol (~1,8 \$/gallon [7]) må derimod betragtes som et **"best case"** scenarium. Dette skyldes både at det forudsætter en fortsættelse af nuværende efterspørgselsstimulerende støtteordninger og at en omfattende udbygning af produktionskapaciteten vil øge udbudet betragteligt i den nærmeste fremtid.

Som sagt udføres to sideløbende kørsler, en hvor

- ethanol prissættes som benzin **"worst case"** og en hvor
- ethanol prissættes efter den nuværende ethanolmarkedspris **"best case"**.

7.6 Udledning CO₂, SO₂ og NO_x. Regulering

7.6.1 CO₂

2) Substitution på basis af energiindhold giver et volumetrisk substitutionsforhold på 64 %, men da ethanolens højere oktantal muligvis kan give en højere virkningsgrad, og derved kompenserer for det lavere energiindhold, er det muligt at substitutionsforholdet er bedre end hvad det lave energiindhold ellers vil indikere. Se evt. [5, 17] for empiriske data vedrørende substitutionsforhold.

IBUS-anlægget vil være omfattet af EU's kvoteordning for CO₂ udledning, og mer-emissioner forårsaget af IBUS-processens dampefterspørgsel vil således forpligtige DONG Energy til indkøb af et modsvarende antal kvoter. Der regnes i denne analyse med en kvotepris på 150 kr per ton CO₂ [3].

7.6.2 Svovl

Centrale elproducerende enheder skal betale svovlafgift i henhold til LBK 78 [14]. Dette gælder således også for det anlæg som ethanolproduktionen forestilles integreret med. Svovlafgiften fastsættes enten ud fra brændslets svovlindhold (20kr per kg svovl) eller på basis af den udledte mængde SO₂ (10kr per kg udledt SO₂) [14]. Da de fleste anlæg er forsynet med effektive afsvovlingsanlæg antages det at det mest profitable for virksomheden er at afgiften bestemmes på basis af den udledte mængde. Der regnes således med en afgift på 10kr per kg SO₂ der udledes som følge af IBUS-processens dampforbrug.

7.6.3 NO_x

DONG Energy har tilladelse til udledning af en bestemt kvote NO_x. Denne mængde fastsættes i den årlige kvoteafgørelse. DONG Energy skal ikke betale afgift som følge af den udledte mængde men mer-emissioner forårsaget af IBUS-processen har en offeromkostning i den forstand at DONG Energy er forpligtiget til at foretage modsvarende reduktioner andetsteds i koncernen. NO_x udledninger forårsaget af den øgede dampefterspørgsel skal derfor tillægges en omkostning svarende til den marginale reduktionsomkostning indenfor DONG Energy koncernen multipliceret med mængden. Denne reduktionsomkostning er foreløbigt ikke estimeret og indgår følgelig ikke i beregningerne.

8 Selskabsøkonomiske resultater: IBUS-halm

I den selskabsøkonomiske analyse udnyttes som nævnt en probabilistisk metode, Monte Carlo simulering, der bl.a. beregner sandsynlighedsfordelinger for de to nøgletal: Produktionsprisen på bio-ethanol via IBUS-halm projektet og projektets samlede nuværdi.

De beregnede sandsynlighedsfordelinger afspejler summen af konsekvenser af de forudsatte fordelinger på analysens indgående parametre, der udtrykker usikkerhed omkring en parameter eller et kendt variationsområde for en parameter.

De detaljerede forudsætninger på de stokastiske parametre er beskrevet i afsnit 7.5.

To vigtige pris-forudsætninger for projektets selskabsøkonomi, prisen på den producerede bio-ethanol og prisen på rest-biomasse produktet lignin, behandles eksplicit og uden for den stokastiske ramme. For hver af disse parametre betragtes to situationer, betegnet hhv. **'Worst case'** og **'Best case'**. I alt gennemføres derfor 4 Monte Carlo simuleringer, der tilsammen afspejler det forudsatte variationsområde for indgående parametre i den selskabsøkonomiske analyse.

Prisen på den producerede bio-ethanol forudsættes afsat til

- Benzinpriser, som ENS angiver for analyseperioden, jf. ref.3: **'Worst Case'**
- Verdensmarkedsprisen på ethanol, jf. afsnit 7.5.2.5: **'Best Case'**

og det producerede bio-brændsel lignin forudsættes afsat til

- Kulpriser, som ENS angiver for analyseperioden, jf. ref.3: **'Worst Case'**
- Priser på træpiller, som ENS angiver for analyseperioden, jf. ref.3: **'Best Case'**

Resultater for disse 4 cases er vist i de følgende afsnit 8.1 og 8.2.

8.1 Forudsat 'worst case', hvor ligninbrændsel prissættes som kul.

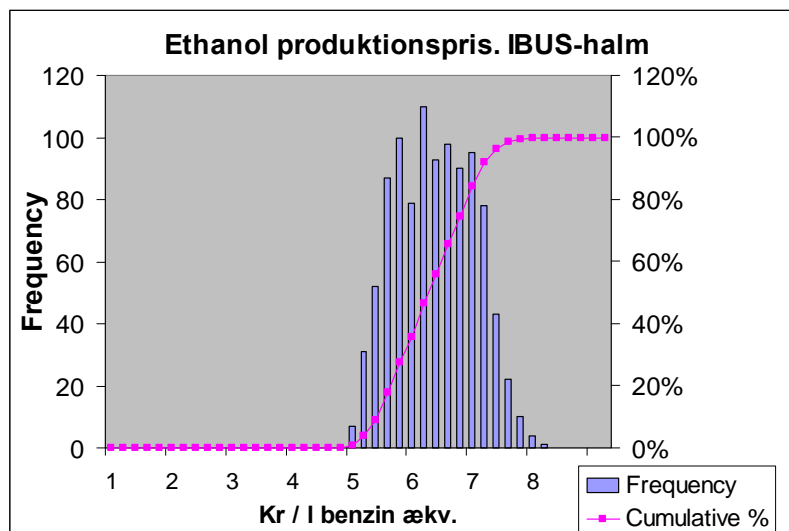
8.1.1 Worst/Worst ethanol-pris

For priser hhv. på lignin som brændsel og produceret bio-ethanol. Endvidere er samtlige angivne usikkerheder inddraget.

Lignin: Kulpris

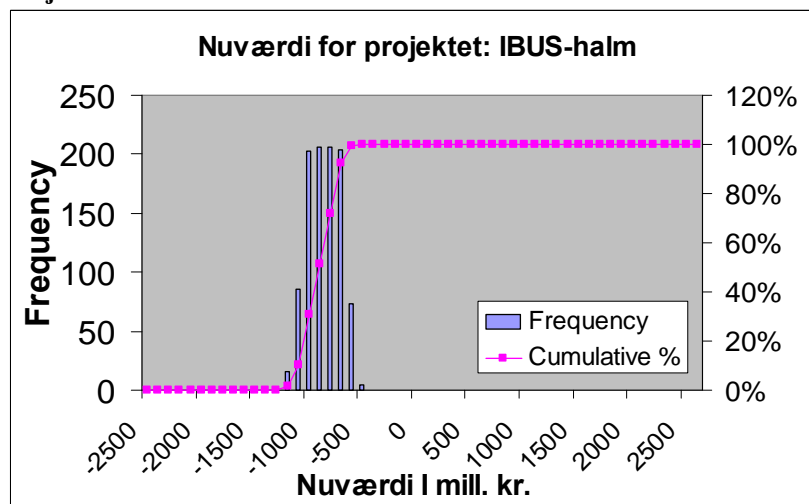
Ethanol: Benzinpris

Break-even bio-ethanolpris:



stdev 0.652626
 avg 6.29
 min 4.83
 max 8.07

Projektets nuværdi:



stdev 147.16
 avg -907.64
 min -1308.46
 max -579.82

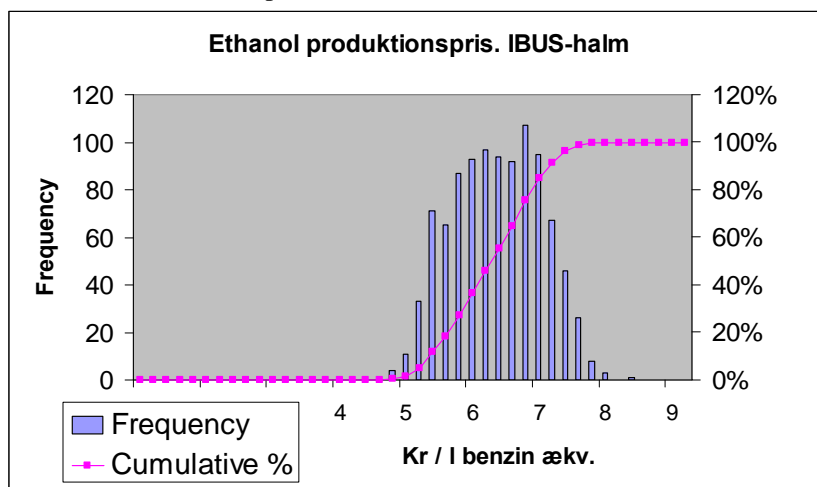
8.1.2 Worst/Best ethanol-pris

For priser hhv. på lignin som brændsel og produceret bio-ethanol. Endvidere er samtlige angivne usikkerheder inddraget.

Lignin: Kul

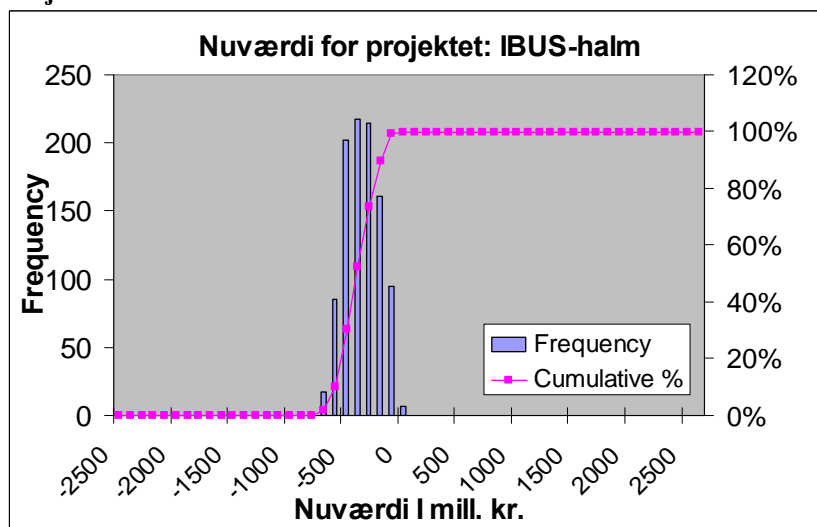
Ethanol: Nuværende verdensmarkedspris

Break-even bio-ethanolpris:



stdev 0.669776
avg 6.27
min 4.73
max 8.23

Projektets nuværdi:



stdev 151.0271
avg -409.46
min -849.69
max -61.20

8.2 Forudsat 'best case', hvor ligninbrændsel prissættes som træpiller.

8.2.1 Best/Worst ethanol-pris

For priser hhv. på lignin som brændsel og produceret bio-ethanol. Endvidere er samtlige angivne usikkerheder inddraget.

Lignin: Træpiller

Break-even bio-ethanolpris:

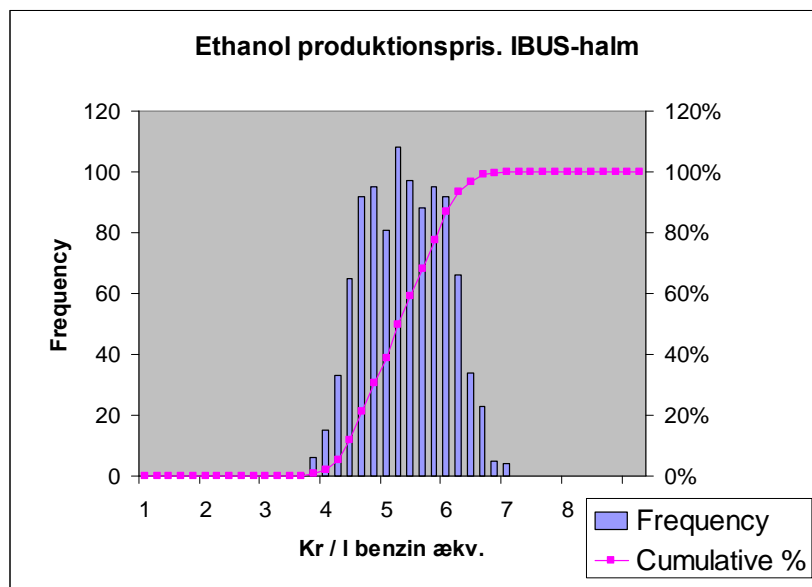


Figure 7 Selskabsøkonomisk ethanol produktionspris. IBUS-halm

MC_code	ens-coal
stdev	0.664549
avg	5.22
min	3.57
max	6.98

Projektets nuværdi:

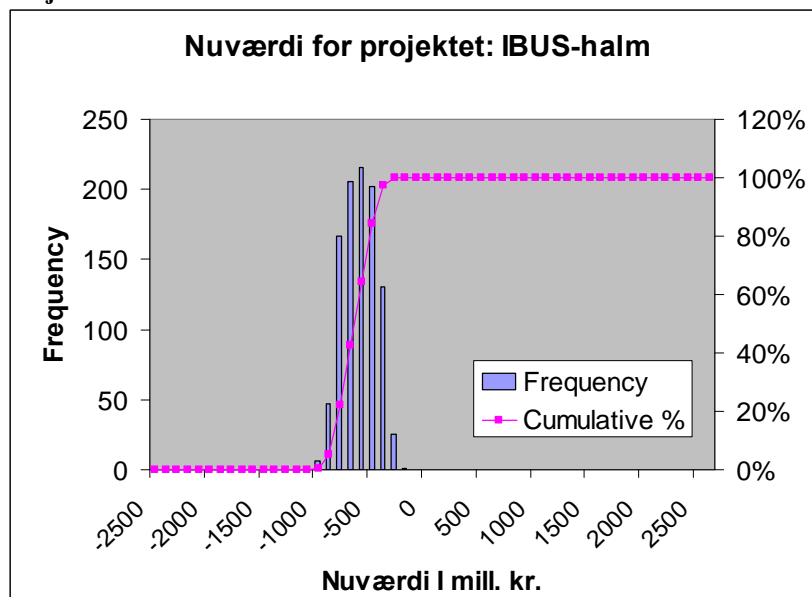


Figure 8 Selskabsøkonomisk nuværdi af projektet: IBUS-halm

MC_code	ens-coal
stdev	149.8487
avg	-666.73
min	-1064.16
max	-294.30

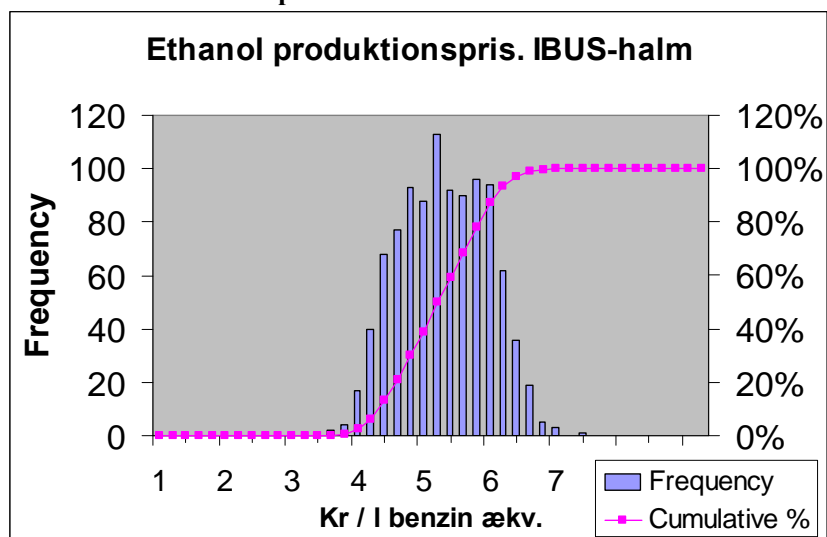
8.2.2 Best/Best ethanol-pris

For priser hhv. på lignin som brændsel og produceret bio-ethanol. Endvidere er samtlige angivne usikkerheder inddraget.

Lignin: Træpiller

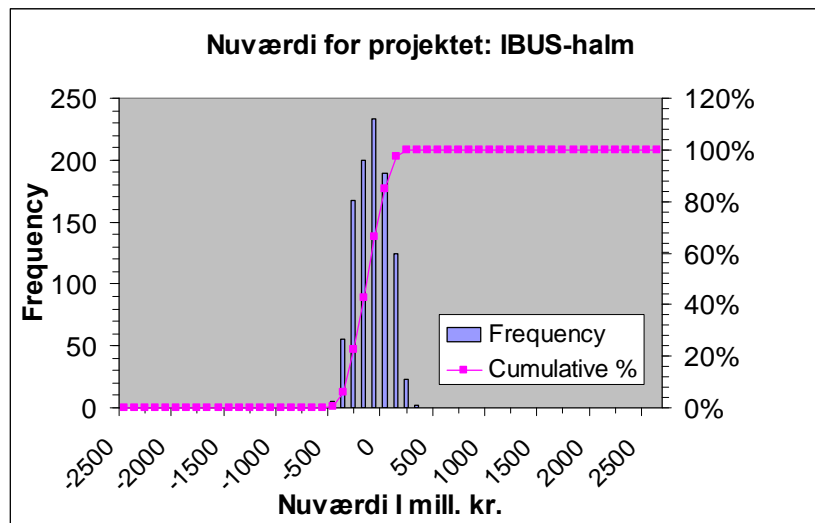
Ethanol: Nuværende verdensmarkedspris

Break-even bio-ethanolpris:



stdev	0.666278
avg	5.21
min	3.51
max	7.26

Projektets nuværdi:



stdev	150.2384
avg	-169.12
min	-632.59
max	214.62

9 Konklusioner

Samfunds- og velfærdsøkonomi

Som det fremgår af rapportens afsnit 4, vil det betragtede projekt (for produktion af bio-ethanol via 2.generations teknologi på lignocellulose fra halm og via IBUS-halm konceptet) ikke være samfunds- og velfærdsøkonomisk lønsomt. Den udvidede samfundsøkonomiske analyses sammenfattende beregninger på de beskrevne forudsætninger kommer ud med en betydelig negativ nuværdi for projektet.

Hertil skal det bemærkes, at en række relevante eksternaliteter for IBUS-halm projektet ikke har kunnet kvantificeres i dette projekt. Det handler især om de mere generelle og overordnede konsekvenser projektet vil have på oliefortrængning, energiforsyningssikkerhed og sikkerhedspolitisk effekt. Dertil kommer projektets mulige konsekvenser for videre teknologisk udvikling på området samt udviklingspotentialer på erhvervsområdet, der kan have virkninger på fremtidig dansk import/eksport og beskæftigelse. Dvs. især forhold, der berører presserende politiske målsætninger på energiområdet samt erhvervspolitik.

Selskabsøkonomi

De selskabsøkonomiske beregninger på IBUS-halm projektet viser, som det fremgår af rapportens afsnit 8, at det beskrevne projekt under de valgte forudsætninger er forbundet med meget stor økonomisk risiko. De gennemførte Monte Carlo beregninger viser med langt overvejende sandsynlighed at projektets nuværdi vil være negativ, og at sandsynligheden for en meget betydelig negativ nuværdi er stor.

Der er en meget betydelig spredning på de selskabsøkonomiske resultater, der naturligvis afspejler de mange usikre faktorer der indgår i det samlede projekt. Usikkerhederne angår mange og meget vægtige parametre i den selskabs-økonomiske opgørelse jf. afsnit 7.5. Det fremgår dog også, at med valgte forudsætninger lagt på den meget optimistiske side af de her forudsatte usikkerhedsintervaller, så kan projektet opnå positiv nuværdi. Men generelt må det konkluderes at projektet på det foreliggende beregningsgrundlag fremstår som ikke attraktivt og endog meget risikofuldt.

Det vil således næppe være muligt at etablere dette 2. generations bio-ethanol produktionsanlæg i dag uden væsentlige besparelser og/eller merindtægter i projektet eller anden støtte til projektet.

10 Øvrige data

10.1 Priser på biobrændstoffer / IEA data

Oversigt over aktuelle og forventede produktionspriser for biobrændstoffer

Biobrændstof-type	Aktuelle produktionspriser	2030-prisniveau
Bioethanol fra sukkerrør	0,25-0,50 USD/liter	0,22-0,33 USD/liter
Bioethanol fra majs	0,60-0,80 USD/liter	0,38-0,55 USD/liter
Bioethanol fra sukkerroer	0,62-0,81 USD/liter	0,42-0,60 USD/liter
Bioethanol fra hvede	0,70-0,96 USD/liter	0,46-0,64 USD/liter
Bioethanol fra lignocellulose*)	0,80-1,10 USD/liter	0,23-0,63 USD/liter
Biodiesel fra animalsk fedt	0,41-0,54 USD/liter	0,38-0,47 USD/liter
Biodiesel fra vegetabilsk olie**)	0,70-1,00 USD/liter	0,40-0,74 USD/liter
Syntetisk diesel (Fischer Tropsch)	0,90-1,15USD/liter	0,70-0,87 USD/liter

Priserne er anslået som produktionspriser fra produktionsanlægget. Til sammenligning beregner IEA en dieselpris på 0,40-0,50 USD/liter og en benzinpris på 0,37-0,42 USD/liter ved en oliepris på ca. 60 USD/tønde.

*) 2. generations biobrændstoffer fra bioaffald

**) Fx biodiesel fra rapsolie

Kilde: IEA

10.2 Brændværdier, dollarkurs og inflationsantagelser

Table 22 Brændværdier, dollarkurs og inflationsantagelser

Brændværdi		
Råolie	43,00	GJ/ton
Råolie	5,84	GJ/tønde
Naturgas	39,60	GJ/1000Nm ³
Kul	25,15	GJ/ton
Fuelolie	40,65	GJ/ton
Gasolie	42,7	GJ/ton
Benzin	43,8	GJ/ton
JP1	43,5	GJ/ton
Halm	14,5	GJ/ton
Halmpiller	14,5	GJ/ton
Træflis	9,5	GJ/ton
Træpiller	17,5	GJ/ton
Energiafgrøder, pil	14,4	GJ/ton
Energiafgrøder, tritcale	13,8	GJ/ton
Affald	10,5	GJ/ton
Dollarkurs	kr./USD	
2005 og frem	6,00	
Generel inflation	Prisindeks 2005=1	Stigning i %
2000	0,9061	
2001	0,9239	1,96
2002	0,9376	1,48
2003	0,9617	2,57
2004	0,9825	2,17
2005	1,0000	1,78
2006	1,0222	2,22
2007	1,0447	2,20
2008	1,0677	2,20
2009	1,0909	2,18
2010	1,1148	2,18
2011 og frem		2,13

Reference List

1. Christensen, B. T., Hansen, E. M., Jensen, L. S., Bruun, S., Vesterdal, L., and Rasmussen, K. R. Biomasseudtag til energiformål - konsekvenser for jordens kulstofbalance i land og skovbrug. Christensen, B. T. 2002. Danish Institute of Agricultural Science, Foulum, Denmark. DJF rapport nr.72. (GENERIC)
Ref Type: Report
2. Dansk Landbrugsrådgivning. Håndbog til Driftsplanlægning, Landbrugsforlaget, Skejby, Denmark. 2005
3. DEA. Vejledning i samfundsøkonomiske analyser på energiområdet + Appendiks: Forudsætninger for samfundsøkonomiske analyser på energiområdet. 2006. Danish Energy Authority. (GENERIC)
Ref Type: Report
4. DONG Energy. 2006. Unpublished Datasheet. (GENERIC)
Ref Type: Report
5. Egeback, K. E., Henke, M., Rehnlund, B., Walin, M., and Westerholm, R. Blending of ethanol in gasoline for spark ignition engines. MTC 5407. 2005. AVL Motortestcenter AB, Haninge, Sweden. (GENERIC)
Ref Type: Report
6. Elsam Engineering. WP4-5: Feasibility studies - Final report. 2006. Unpublished and Confidential Report. (GENERIC)
Ref Type: Report
7. Ethanol Market. Ethanol Market. Volume XIII, Issue 4. 2007. ETHANOLMARKET.COM, LLC. (GENERIC)
Ref Type: Report
8. European Pellet Centre. Pellet Price Index. www.pelletcentre.info. 8-12-2006. (GENERIC)
Ref Type: Electronic Citation
9. Fødevareøkonomisk Institut. Jordbrugets prisforhold 2005. Serie C nr 90. 2006. Fødevareøkonomisk Institut, KVL København. (GENERIC)
Ref Type: Report
10. Gylling, M. 23-8-2006. (GENERIC)
Ref Type: Personal Communication
11. Hinge, J. and Maegaard, E. Prisen på halm til kraftvarme? 3.udgave, 1.oplag. 2005. Dansk Landbrugsrådgivning. (GENERIC)
Ref Type: Report
12. Konkurrencestyrelsen. Elsam og Danske Halmleverandørers aftale om licitationsbetingelser. Journal nr. 4/0120-0100-0012/ULS og UL. 2006. (GENERIC)
Ref Type: Report
13. Lawaetz, H. 18-12-2006. (GENERIC)
Ref Type: Personal Communication

14. Ministry for Taxation. Bekendtgørelse af lov om afgift af svovl. LBK nr 78. 2006. (GENERIC)
Ref Type: Report
15. Møller, J, Thøgersen, R, Helleshøj, M. E., Weisbjerg, M. R., Søgaard, K., and Hvelplund, T. Fodermiddeltabel 2005 - Sammensætning og foderværdi af fodermidler til kvæg. Møller, J. nr. 112. 2005. Foulum, Dansk Kvæg. (GENERIC)
Ref Type: Report
16. Novozymes. Novozymes Press Release 01-02-2006. 2006. (GENERIC)
Ref Type: Report
17. Reading, A., Norris, J., Feest, A., and Payne E. Ethanol Emissions Testing. E&E/DDSE/02/021 Issue 3. 2002. AEA Technology, Oxfordshire, UK. (GENERIC)
Ref Type: Report
18. Statistics Denmark. StatBank Denmark. 2006. (GENERIC)
Ref Type: Data File
19. Videncenter for Halm- og Flisfyring. Videnblad - Halmpriser. Videnblad 48. 1992. Videncenter for Halm- og Flisfyring. (GENERIC)
Ref Type: Report
20. Videncenter for Halm- og Flisfyring. Halm til energiformål. Teknik-Miljø-Økonomi. 2. Udgave. 1998. Videncenter for Halm- og Flisfyring. (GENERIC)
Ref Type: Report
21. Winther, K. 30-7-2006. (GENERIC)
Ref Type: Personal Communication
22. Notat fra Energistyrelsen: 'Nedmulding af halm', ref. fbe, Energiforsyningsområdet. 11. maj 2006.
23. Notat til Miljøstyrelsen: 'Effekten på jordens kulstofindhold som følge af ændret biomasse- /halmudtag'. Jørgen E. Olesen, DJF og Steen Gyldenkerne, DMU. Danmarks Miljøundersøgelser, Afdeling for Systemanalyse, J.nr.: 151/101-0106, 17. marts 2006.
24. Bent T. Christensen (Red.). Biomasseudtag til energiformål – konsekvenser for jordens kulstofbalance i land og skovbrug. (Slutrapport for projekt under Energistyrelsens Udviklingsprogram for Vedvarende Energi m.v. (UVE)). Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri. Danmarks JordbrugsForskning, Afd. Plantevækst og Jord, Forskningscenter Foulum. DJF rapport Nr. 72 Maj 2002.
25. Dalgaard, T., Halberg, N., Fenger, J., 2000: Simulering af fossilt energiforbrug og emission af drivhusgasser. FØJO-rapport nr. 5/2000. Forskningscenter for Økologisk Jordbrug.
26. Uffe Jørgensen & Tommy Dalgaard (red.); Energi i økologisk jordbrug. Reduktion af fossilt energiforbrug og produktion af vedvarende energi. FØJO-rapport nr. 19/2004.

27. Personlig kommunikation 1/2-2006. Data via Niclas Scott Bentsen, KVL.
28. Personlig kontakt til selskaberne Hede-Nielsen A/S / Air Liquide Danmark A/S.
29. 'Sheffield report': Well-to-Wheel Evaluation for Production of Ethanol from Wheat. A Report by the LowCVP Fuels Working Group, WTW Sub-Group. FWG-P-04-024. October 2004.
30. Personlig kommunikation samt data via Christian van Maarschalkerweerd, ENS.
31. The IBUS project. I BUS: Integrated Biomass Utilisation System.
<http://www.bioethanol.info/>

Risø DTU er Nationallaboratoriet for Bæredygtig Energi. Forskningen er rettet mod udviklingen af klimavenlige energiteknologier og energisystemer, og bidrager til innovation, uddannelse og rådgivning. Risø har store forsøgsfaciliteter og tværfaglige forskningsmiljøer og inkluderer kompetencecenteret for nukleare teknologier.

Risø DTU
Nationallaboratoriet for Bæredygtig Energi
Danmarks Tekniske Universitet

Frederiksborgvej 399
Postboks 49
4000 Roskilde
Telefon 4677 4677
Fax 4677 5688

www.risoe.dtu.dk